Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

ESTRESSE TÉRMICO E DESENVOLVIMENTO SEXUAL DE MACHOS BOVINOS SENEPOL

Bruna Ferrari

CAMPO GRANDE, MS
2019

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

ESTRESSE TÉRMICO E DESENVOLVIMENTO SEXUAL DE MACHOS BOVINOS SENEPOL

Bruna Ferrari

Orientadora: Profª Drª Eliane Vianna da Costa e Silva

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS

2019

Certificado de aprovação

Bruna Ferrari

Estresse térmico e desenvolvimento sexual de machos bovinos Senepol

Thermal stress and sexual development of bovine males Senepol

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestra em Ciência Animal.

Aprovado(a) em: 29-03-2019

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Eliane Vianna da Costa e Silva
Orientadora (UFMS)

Dr. Nivaldo Karvatte Junior
(UFG)

Dra. Andrea Alves Egito
(EMBRAPA)

À Deus, meu melhor amigo.

À minha vó Hedy Bender (in memoriam), que um dia eu possa me tornar metade da mulher que a senhora via em mim.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por não ter me desamparado nenhum dia sequer dessa jornada.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em especial aos docentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À FUNDECT, pela concessão de recursos financeiros via PRONEM através do projeto 082/2015.

Ao Grupo GERA-MS, do qual me orgulho em fazer parte.

À Fazenda San Francisco, Miranda/ MS, por disponibilizar as instalações e os animais experimentais.

À Profa. Dra. Eliane Vianna da Costa e Silva, por ter sido uma verdadeira "mãe científica", obrigada pela orientação, apoio científico e amizade.

À minha família, em especial meus pais Stella Maris Rossetto e Dalvo Ferrari, minha irmã Camila Ferrari de Sá e minhas sobrinhas Emanuella Ferrari de Sá e Beatriz Ferrari de Sá, vocês são meu sustento e razão de cada esforço.

Ao Rodrigo Franco, em resumo: nem me lembro quem eu era antes de você. Obrigada por cada segundo ao meu lado, de amor, amizade e companheirismo e por ter me dado uma segunda família para amar.

À Amora, minha filhota de quatro patas, que pinta meus dias com amor e alegria, independente de quão cinza eles estejam.

Às minhas amigas, Ariadne Mastelaro, Brenda Farias, Thaís Andrade e Thais Rios, o fardo é mais leve quando compartilhado com vocês.

À Maryene Borges, pela amizade improvável e imprescindível durante o mestrado, e pelo auxílio nas coletas de dados.

Ao Matheus Vicente, pelo auxílio e parceria na coleta de dados.

Aos meus colegas e amigos da Embrapa Gado de Corte, Camilla, Caroline e Nivaldo Junior, que mesmo longe, estão sempre presentes me auxiliando e me apoiando.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar, o que ninguém ainda pensou, sobre aquilo que todo mundo vê. ”

Arthur Schopenhauer

BRUNA FERRARI. Estresse térmico e desenvolvimento sexual de machos bovinos Senepol. 2019. 60 f. Dissertação – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

Resumo: O objetivo foi verificar a associação entre estratégias fisiológicas de regulação térmica e a precocidade sexual de tourinhos da raça Senepol. Utilizou-se 51 tourinhos da raça Senepol, com idade e peso médios de 12 meses e 276,5 kg, mantidos em pastagem em Miranda-MS. Os animais foram submetidos à três tentativas de coleta seminal no período de agosto de 2016 a março de 2017, para análise do perfil andrológico e classificação quanto a precocidade. Em cada coleta, também era realizada a biometria testicular completa e pesagem. Durante a segunda coleta, foi realizado um Teste de Capacidade Termolítica, para cálculo do Índice de Tolerância ao Calor (ITC), no qual registrou-se também variáveis fisiológicas e termográficas. O ambiente foi monitorado durante o Teste para determinação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Procedeu-se uma análise de regressão logística incluindo-se no modelo efeitos fixos características zootécnicas, ITU, ITC e variáveis fisiológicas sobre as classes de precocidade dos animais. Não houve diferença significativa entre as classes de precocidade ($p>0,05$) para os parâmetros fisiológicos. A classe Superprecoce obteve maior valor para ganho médio diário de peso. Observou-se uma concordância de 58,3% e variação da probabilidade de Superprecocidade em função da temperatura do dorso de 28,0% e em função da frequência cardíaca, concordância de 53,8% e variação de 25,0%. Valores mais próximos do limiar fisiológico normal indicaram maior probabilidade de Superprecocidade. Tourinhos da raça Senepol que utilizam os mecanismos termorregulatórios de maneira mais eficiente, possuem maior probabilidade de serem Superprecoces, viabilizando a utilização da termotolerância para seleção.

Palavras-chave: Precocidade, reprodução, termografia por infravermelho, termorregulação

BRUNA FERRARI. Thermal stress and sexual development of bovine males Senepol. 2019. 60 f. Dissertation - Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

Abstract: The objective was to verify the association between physiological strategies of thermal regulation and the sexual precocity of Senepol young bulls. Fifty-one Senepol bulls were used, with mean age and weight of 12 months and 276.5 kg, kept in pasture in Miranda-MS. The animals were submitted to three attempts of seminal collection from August 2016 to March 2017, for analysis of the andrological profile and classification as to precocity. At each collection, complete testicular biometry and weighing were also performed. During the second collection, a Thermolytic Capacity Test was performed to calculate the Heat Tolerance Index (HTI), in which physiological and thermographic variables were also recorded. The environment was monitored during the Test to determine the Temperature and Humidity Index (THI). A logistic regression analysis was carried out, including in the model fixed effects zootechnical characteristics, THI, HTI and physiological variables on the precocious classes of the animals. There was no significant difference between the precocity classes ($p > 0.05$) for the physiological parameters. The class Superprecoce obtained higher value for average daily gain of weight. There was a concordance of 58.3% and variation of the probability of Superprecocity as a function of the back temperature of 28.0% and heart rate, agreement of 53.8% and variation of 25.0%. Values closer to the normal physiological threshold indicate greater probability of Superprecocity. Senepol breeders that use thermoregulatory mechanisms in a more efficient way, are more likely to be Superprecoces, making possible the use of thermotolerance for selection.

Key words: Infrared thermography, precocity, reproduction, thermoregulation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Animal experimental da raça Senepol, no município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Fonte: GERA-MS 32
Figura 2. Biometria testicular realizada nos animais experimentais da raça Senepol, durante o exame andrológico no município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Fonte: GERA-MS.....34
Figura 3. Esquema de coleta de temperatural retal do Teste de Capacidade Termolítica, realizado nos animais da raça Senepol, no município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Fonte: GERA – MS 35
Figura 4. Análise das imagens termográficas obtidas nas regiões da cabeça, dorso e escroto, em tourinhos da raça Senepol, durante o Teste de Capacidade Termolítica, no município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Fonte: GERA – MS 37
Figura 5. Índice de Temperatura e Umidade a sombra e ao sol, durante os dois dias do Teste de Capacidade Termolítica, realizado em bovinos machos da raça Senepol no município de Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil.....39
Figura 6. Probabilidade de Superprecocidade em função da termografia do dorso (°C) de bovinos machos Senepol em Miranda-MS 43
Figura 7. Probabilidade de Superprecocidade em função da frequência cardíaca (batimento/minuto) de bovinos machos Senepol em Miranda-MS 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice de Tolerância ao Calor (ITC) e variáveis fisiológicas (média ± erro padrão), obtidos durante o Teste de Capacidade Termolítica, realizado no verão em machos bovinos Senepol 40
Tabela 2. Coeficiente de Correlação de Pearson (r) entre temperatura retal, temperaturas superficiais e obtidas por termografia em machos bovinos Senepol...41
Tabela 3. Características zootécnicas (média ± erro padrão) de acordo com a classificação quanto à precocidade de tourinhos da raça Senepol, obtidos em três coletas realizadas em machos bovinos Senepol.....42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 11
2 CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA 13
2.1 Ambiente térmico 13
2.2 Termoregulação em bovinos 14
2.3 Estresse por calor 17
2.4 Estresse por calor e reprodução de machos bovinos 19
2.5 Raça Senepol 21
3 REFERÊNCIAS 22
4 CAPÍTULO 2 – EFICIÊNCIA TERMORREGULATÓRIA E PRECOCIDADE SEXUAL DE TOURINHOS SENEPOL EM AMBIENTE TROPICAL 30
Introdução 32
Materiais e métodos 33
Resultados 39
Discussão 44
Conclusão 48
Referências 48
ANEXO I 54
ANEXO II 55
ANEXO III 59

1 INTRODUÇÃO GERAL

A rentabilidade econômica de um sistema de produção é dependente da capacidade produtiva e reprodutiva do rebanho. Por esse motivo, as características que aumentam a eficiência reprodutiva, devem ser priorizadas devido seu impacto direto na produtividade, principalmente ao se tratar de touros, que possuem uma distribuição de material genético privilegiada pelo sistema reprodutivo adotado pela maioria dos criadores (Costa e Silva et al., 2015).

Uma das características que pode favorecer o acelerar o progresso genético, é a seleção da precocidade sexual, medida por meio da idade à puberdade. A precocidade sexual, reduz o intervalo entre gerações, tornando assim, o manejo mais eficiente (Moraes, 2012).

Sabe-se, porém, que a precocidade dos animais é influenciada por fatores ligados à genética, nutrição e ao clima (Fields et al., 1982). No caso de touros criados em ambiente tropical, o principal entrave é o estresse térmico oriundo da influência de fatores microclimáticos típicos dessa região, que afetam de maneira negativa o desenvolvimento sexual dos animais (Costa e Silva, 2004).

Uma estratégia para mitigar o impacto do estresse por calor e preservar os bons índices reprodutivos é realizar a seleção de animais mais precoces que também sejam adaptados ao ambiente de criação (Costa Mello, 2014). Isso pode ser obtido, através da utilização de raças taurinas consideradas adaptadas ao clima tropical, como a raça Senepol (Silva et al., 2018).

O Brasil possui o maior rebanho Senepol do mundo, com cerca de 90 mil exemplares registrados já nascidos em solo nacional. O principal motivo dessa expansão, é a viabilização da criação de animais taurinos sob condições ambientais consideradas fora de sua zona de conforto térmico, tornando possível a obtenção de sistemas de produção eficientes nos trópicos (Pimenta, 2016; Menezes et al., 2018).

Todavia, ainda se faz necessário identificar características que viabilizem a seleção de indivíduos mais adaptados e com boa herdabilidade, para que possam ser adotadas em Programas de Melhoramento Genético (Costa e Silva et al., 2015).

Dessa forma foi realizado um estudo com o objetivo de verificar a associação entre as estratégias fisiológicas de regulação térmica e a precocidade sexual de tourinhos da raça Senepol.

2 CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ambiente térmico

A identificação de elementos que afetam a vida produtiva dos animais possibilita maior eficiência no manejo, e um dos principais fatores que influenciam a produção, é o ambiente térmico. Um ambiente é considerado termicamente confortável quando há um balanço adequado entre o calor produzido pelo metabolismo e o que é perdido para o meio ambiente, sem prejudicar a homeostase do animal (Silva, 2000).

Entretanto, em situações nas quais esse equilíbrio não pode ser sustentado, o clima pode atuar como um limitante da produtividade, interferindo no crescimento, produção e reprodução, gerando perdas econômicas (Brown-Brandl, 2018).

Variáveis ambientais independentes como radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação agem simultaneamente constituindo o clima e afetando direta e indiretamente os animais homeotérmicos, como os bovinos (Collier & Gebremedhim, 2015).

Entre elas, a temperatura do ar e a umidade são elementos que influenciam fortemente o conforto térmico dos animais, devido a sua relação com os processos físicos de trocas de calor (Cattelam & Vale, 2013). Quando essas variáveis apresentam valores altos, tornam o ambiente extremamente difícil para a termorregulação dos animais, especialmente se associadas com intensa radiação solar, como é característico do clima tropical que compreende dois terços do território brasileiro (Meireles, 2005).

A duração e a intensidade dos elementos climáticos nesse tipo de ambiente, geralmente se encontram acima da faixa termoneutra dos bovinos que é para animais taurinos, entre -1ºC e 21ºC e para zebuínos entre 10ºC e 32ºC (Miranda & Freitas, 2009), podendo variar de acordo com: raça, peso, idade, estado fisiológico, nutrição e condição ambiental (Takahashi et al., 2009).

Quando os animais se encontram dentro dessa faixa de conforto de temperatura ambiente, a manutenção da temperatura corporal dá-se com a mínima mobilização dos mecanismos termorreguladores, abstendo o animal de entrar em estresse por frio ou calor, o que permite maior eficiência produtiva e

reprodutiva (Silva, 2000). Porém, se a temperatura ambiente se eleva ou diminui, além da chamada temperatura crítica (superior ou inferior), o animal perde a capacidade de manter o equilíbrio térmico e fica susceptível a ocorrência da hiper ou hipotermia, podendo levar até a sua morte (Medeiros & Vieira, 1997).

Devido a essa acentuada influência do ambiente sob o organismo dos animais homeotérmicos, alguns índices foram desenvolvidos com o intuito de avaliar o ambiente e mensurar o conforto térmico. Os quais utilizam como principais variáveis para cálculo a temperatura do ar e a umidade, (Pezzopane et al., 2019).

Dentre eles, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi estabelecido originalmente por Thom (1958) para mensurar o conforto térmico de humanos, sendo posteriormente utilizado para animais de produção, principalmente bovinos. Ele é estabelecido a partir da temperatura registrada em termômetros de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido (ponto de orvalho) e classificado como: condição normal quando os valores são iguais ou < que 70, entre 71 e 78 a situação é considerada crítica; entre 79 e 83 a situação é de perigo e maiores que 83, condição de emergência (Hahn & Mader, 1997).

2.2 Termorregulação em bovinos

A termorregulação é uma adaptação evolutiva, sendo sua principal vantagem possibilitar um funcionamento mais eficiente do organismo no meio ao qual este se adaptou, garantindo sua sobrevivência e correto funcionamento das funções metabólicas (Façanha et al., 2013). Ela é o produto da conexão entre ambiente externo e capacidade de resposta interna dos animais homeotérmicos, com o intuito de manter o ambiente interno estável ainda que o externo seja variável (Dantas et al., 2012).

A manutenção desse equilíbrio térmico se dá através das trocas de calor realizadas entre animal e ambiente, por meio dos processos físicos de: condução (troca térmica através do contato direto entre duas superfícies), convecção (troca térmica pela movimentação de fluidos), radiação (troca de calor por meio de energia radiante) e evaporação (troca térmica pela passagem das moléculas de água ao ar, sob vapor), sendo as três primeiras trocas sensíveis e a última, latente (Collier & Gebremedhim, 2015).

As trocas de calor sensíveis são dependentes de um gradiente térmico entre animal e ambiente. Quando a temperatura do ambiente se iguala ou excede a da superfície corpórea do animal, a perda de calor sensível é nula. Isso torna a evaporação a principal via de termólise em situações de temperaturas adversas (Bridi, 2001).

Aproximadamente 30% das perdas de calor ocorrem por meio da evaporação cutânea, quando a faixa de temperatura encontra-se entre 10 e 20°C, a eliminação do calor excedente é realizada mediante trocas de calor sensível. Entretanto, com a elevação da temperatura acima dos 30°C, as perdas por condução, convecção e radiação se tornam ineficientes, de maneira que 85% da termólise ocorre por evaporação cutânea e o restante por evaporação respiratória (Maia et al., 2005).

A administração desses processos é realizada pelo sistema termorregulador, controlado pelo hipotálamo (Silva & Maia, 2013). As células especializadas termorreceptoras periféricas localizadas na pele dos animais captam a sensações térmicas e informam ao hipotálamo a necessidade de acionamento ou não dos mecanismos termorregulatórios, operando como um termostato fisiológico (Takahashi et al., 2009).

Os mecanismos relacionados na aquisição e dissipação de calor podem ser classificados em: comportamentais, autônomos e adaptativos (Silva, 2000). Os comportamentais estão relacionados a alterações do comportamento animal para lidar com a carga térmica do ambiente, como busca por sombra ou lâminas de água, no calor e agrupamento no frio. Os autônomos referem-se a ajustes fisiológicos, como alterações no fluxo sanguíneo, acionamento das glândulas sudoríparas, variações no consumo de água e alimentos, aceleração do ritmo respiratório, variação na posição dos pelos, e outros. Mudanças em seres vivos causadas pelo ambiente como um todo, ao longo do tempo, qualificam os mecanismos adaptativos, como características de pele e pelame, conformação corporal, entre outras (Medeiros & Vieira, 1997; Silva, 2000; Batista, 2012).

A sequência de utilização desses recursos é: vasodilatação periférica, início da sudorese, elevação da frequência respiratória, mudança de comportamento, alterações na atividade endócrina; maior consumo de água e por fim, elevação da temperatura corporal (Takahashi et al., 2009).

A elevação da frequência cardíaca é uma das respostas mais prontas frente ao aumento da temperatura acima da zona de conforto térmico dos animais. Isso ocorre devido à queda de pressão sanguínea como consequência da vasodilatação periférica, que tem como finalidade facilitar a transferência da energia térmica do interior do corpo para o ambiente, acarretando em incremento do trabalho cardíaco (McManus et al., 2009).

Outro processo de troca térmica influenciado pela elevação da frequência cardíaca é a sudação, com o aumento do volume de sangue para a pele, as glândulas sudoríparas são estimuladas, viabilizando a evaporação cutânea (Silva, 2000).

O aumento da frequência respiratória é um meio eficaz de termólise através de evaporação, porém, é de alto custo energético e quando utilizada por longos períodos pode resultar em danos ao metabolismo dos animais (Vilela, 2008), até 60 movimentos respiratórios por minuto, são considerados valores normais para bovinos adultos (Perissinoto et al., 2009).

A temperatura retal é a variável fisiológica mais utilizada para determinar a adaptabilidade dos animais, pois representa a temperatura metabólica e quando fora dos limiares considerados normais (até 39,3°C), aponta ineficácia dos demais mecanismos de termólise (Mota, 1997; Martello et al., 2009).

Uma gama de componentes e interações complexas está envolvida na manutenção da homeotermia para evitar o estresse, porém, apesar de ser algo intrínseco aos animais, ela demanda um empenho extra, desviando energia que seria destinada em sua totalidade para a produção, caso o animal estivesse em equilíbrio térmico (Titto, 2006; Brown-Brandl & Jones, 2011).

Isso ocorre porque no metabolismo animal, a homeotermia é prioridade, colocando as funções produtivas em segundo plano, entre essas funções menos vitais seriamente afetadas, está a reprodução (Souza & Batista, 2012). Sendo assim, é essencial que os animais utilizem recursos efetivos de termorregulação, do contrário, eles se tornam susceptíveis ao estresse térmico e os danos causados por ele no organismo e consequentemente, na produção e reprodução (Souza et al., 2015).

2.3 Estresse por calor

O estresse pode ser definido como um efeito ambiental sobre um indivíduo que coloca uma sobrecarga sobre os seus sistemas de controle e reduz o seu *fitness*, o que envolve aumento de mortalidade e insucesso no crescimento ou na reprodução (Broom & Johnson, 1993).

As respostas ao estresse são realizadas pelo sistema nervoso autônomo (SNA) e pelo eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HHA). O SNA é responsável pela resposta mais imediata ao estressor, sua reação promove liberação de noradrenalina nas terminações dos nervos simpáticos e de adrenalina, pela estimulação simpática das células da medula da glândula adrenal, estas estimulam a função cardíaca, elevam a pressão e a glicose sanguínea (Ulrich-Lai & Herman, 2009).

Em um segundo momento, ocorre a ativação do eixo HHA, no qual o estressor atua via sistema nervoso central, sobre as células neurosecretoras do hipotálamo, que reagem secretando o fator liberador de corticotrofina (CRF). Esse hormônio é transportado até a hipófise e lá gera um aumento da secreção do hormônio adenocorticotrófico (ACTH). O ACTH, por meio da circulação sanguínea, estimula o córtex adrenal a produzir e secretar glicocorticoides, como o cortisol (Encarnação, 1986; Moberg & Mench, 2000).

Os glicocorticoides promovem a mobilização da energia armazenada e intensificam as reações realizadas pelo SNA. A conclusão da resposta ao estresse também é processada por meio deles, através de um sistema de *feedback* negativo, inibindo a atividade do hipotálamo e da hipófise, de tal modo que após um curto período de tempo os níveis séricos voltam a normalidade (Tsigos & Chrousos, 2002).

De maneira geral, o mecanismo de estresse pode ser dividido em três estágios: alarme, resistência e esgotamento. No primeiro estágio (alarme), há o reconhecimento do agente estressor e ativação do SNA e HHA, produzindo e liberando os hormônios do estresse, como adrenalina, noradrenalina e cortisol, que irão desencadear uma série de reações para preparer o organismo para “luta ou fuga”, dentre elas estão: a aceleração do batimento cardíaco, dilatação das pupilas, aumento da sudorese e dos níveis de glicose no sangue e redução das funções menos vitais, como digestão e reprodução (Santos & Castro, 1998).

Se o estressor persiste, mas não o suficiente para causar morte, o animal entra no segundo estágio (resistência), no qual tenta reparar os danos causados pela reação de alarme e se adaptar, reduzindo os níveis hormonais. No entanto, se o estresse continua enfraquecendo seu sistema imunológico e findando suas reservas energéticas até sua resistência se tornar muito baixa, tem início o terceiro estágio (esgotamento), podendo ter como resultado final, a morte do animal (Costa et al., 2015).

Uma das causas mais comuns de estresse em bovinos criados nos trópicos é a combinação de fatores microclimáticos, como elevadas temperaturas e alta incidência de radiação solar, característicos dessa região, culminando em estresse por calor (Façanha et al., 2013).

O estresse por calor compromete o funcionamento normal de atividades fisiológicas e comportamentais levando à redução do consumo alimentar, queda da produção e da qualidade do leite, atraso do cio, diminuição da qualidade do sêmen, entre outros (Hafez & Hafez, 2004; Cattelam & Vale, 2013).

O baixo desenvolvimento corporal também pode ser um produto da ação do ambiente sobre o metabolismo dos bovinos, pois durante o estresse, o organismo sofre efeito catabólico e aumento da gliconeogênese, que são estimulados pelos glicocorticosteróides, levando a perda de peso dos animais, em decorrência da utilização de tecidos musculares e gordurosos para obtenção de glicose destinada à produção de energia (Carlson, 2002).

Essa situação também é agravada pela redução do pastejo, com objetivo de evitar o incremento calórico e a exposição solar, prejudicando a disponibilidade de energia, principalmente para as funções menos vitais como produção e reprodução, que não são atendidas apropriadamente (Dantas et al., 2012).

Todas essas condições tornam o estresse por calor uma importante fonte de perda econômica na pecuária, atingindo a produção em diferentes vertentes e salientando a importância da identificação e utilização de animais adaptados e produtivos, sobretudo na seleção dos reprodutores que serão os formadores do rebanho, em especial de touros, que deixam um maior número de descendentes (Azevedo & Alves, 2009; Costa e Silva et al., 2010).

2.4 Estresse por calor e reprodução de machos bovinos

Os efeitos do estresse por calor sobre a reprodução ocorrem de duas formas: devido às vicissitudes hormonais que afetam também as funções reprodutivas e devido à ação da hipertermia sobre o metabolismo e tecidos reprodutivos dos bovinos (Azevedo & Alves, 2009).

Os hormônios envolvidos na resposta ao estresse térmico podem influenciar a função sexual em três níveis do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (HHG). A cascata de eventos tem início no hipotálamo, no qual o CRF inibe a secreção de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofina) e, consequentemente, na hipófise anterior, reduz a liberação de LH (Hormônio Luteinizante) e de FSH (Hormônio Folículo Estimulante), prejudicando o efeito estimulante das gonadotrofinas sob as gônadas e assim, comprometendo a eficiência reprodutiva (Costa et al., 2015).

A puberdade é considerada uma das fases de maior importância para os touros, nesse período ocorrem mudanças endócrinas e espermáticas, concomitantemente, ao crescimento corporal do animal, que irão torná-los aptos à reprodução (Costa e Silva et al., 2013).

Os eventos primários responsáveis pelo início da puberdade são oriundos do eixo HHG, no qual ocorrem descargas pulsáteis de LH, que propiciam a diferenciação, crescimento e proliferação das células de Leydig que secretam testosterona e de FSH, que atua nas células de Sertoli, responsáveis pela síntese de diferentes mediadores químicos envolvidos com a espermatogênese (Fernandes & Souza, 2010; Costa Mello et al., 2016).

Dessa forma, quaisquer alterações mínimas do sistema neuroendócrino, como as proporcionadas pela ação do estresse por calor, podem afetar a reprodução causando atrasos na puberdade dos animais (Fernades & Souza, 2010). A maior precocidade dos touros aumenta a produtividade do rebanho, ao antecipar a utilização dos animais na reprodução, otimizando o retorno econômico para os reprodutores (Costa e Silva et al., 2013).

Além da puberdade, o estresse térmico também age sobre o comportamento sexual dos bovinos, de forma que os animais irão manifestar maior desejo sexual nas horas mais amenas do dia, no início da manhã e fim da tarde (Costa e Silva et al., 2010). Entretanto, os impactos da hipertermia no

metabolismo dos touros são mais preocupantes quando se trata do sistema reprodutor dos animais, como a ocorrência da degeneração testicular, uma patologia ocasionada pela elevação da temperatura escrotal, na qual em estágios avançados pode tornar os testículos atrofiados e fibrosos, apresentando falha total da espermatogênese (Bicudo et al., 2007).

Além disso, espermatogênese é dependente de um limiar entre 2ºC a 6ºC abaixo da temperatura corporal para seu correto funcionamento. Touros que não são capazes de manter um gradiente de temperatura escrotal normal apresentam fertilidade reduzida, esse gradiente é de cerca de 4ºC, sendo a temperatura média do cordão espermático de 36,9°C e a temperatura da cauda dos epidídimos de 32, 8ºC (Souza et al., 2014).

A partir da segunda semana de estresse térmico, cresce o número de espermatozóides anormais e a motilidade é reduzida, por períodos prolongados os danos podem ser irreversíveis, principalmente na fase inicial da vida reprodutiva dos touros (Costa e Silva, 2004).

Para minimizar o efeito do calor sobre os testículos, os bovinos utilizam duas estratégias importantes: afastar o máximo possível as gônadas da parede abdominal, por meio do relaxamento do músculo cremáster e da túnica dartus; e através da circulação sanguínea, realizando trocas de calor em contracorrente, pelo plexo pampiniforme, reduzindo até 4°C (Fernandes & Souza, 2010). Além disso, a pele do escroto é extremamente mais fina, praticamente livre de gordura subcutânea e com volume por unidade de superfície de glândulas sudoríparas maior que em outras partes do corpo, otimizando a perda de calor por evaporação (Machado Junior, 2006).

O formato testicular também pode influenciar na termorregulação. Bovinos com testículos mais longos possuem uma distribuição mais uniforme dos vasos sanguíneos e dos tecidos espermáticos, além de contar com uma superfície de contato maior, facilitando as trocas de calor com o ambiente (Bailey et al., 1996).

Sendo assim, os animais mais susceptíveis à ação do estresse térmico, terão seu desenvolvimento sexual prejudicado, como os touros europeus, que são menos adaptados ao clima dos trópicos e sofrem desgaste fisiológico de forma mais rápida e acentuada do que animais zebuínos e adaptados, podendo reduzir sua vida útil no rebanho (Costa e Silva, 2004). Isso se deve ao equívoco cometido, ao selecionar animais altamente produtivos, porém, que no campo não

apresentam a performance esperada, devido a interação genótipo-ambiente (Façanha et al., 2013).

2.5 Raça Senepol

A raça Senepol tem se difundido entre os criadores, embora seu ingresso seja recente no território nacional (ano de 2000). Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Bovinos Senepol (ABCB Senepol), o Brasil é o detentor do maior rebanho Senepol do mundo e um dos principais motivos é a busca de genótipos que conciliem bons índices produtivos e adaptação ao clima dos trópicos (Pimenta, 2016).

A raça surgiu na ilha caribenha de Saint Croix, nas Ilhas Virgens Americanas em meados do século XX, por meio do cruzamento de animais das raças N'Dama (taurino africano) e Red Poll (taurino britânico), com o intuito de obter um animal que se sobressaísse produtivamente mesmo no ambiente severo da ilha (Okamura, 2015).

De fato, os bovinos Senepol possuem uma pluralidade de atributos que indicam adaptação aos trópicos (Paula, 2014), entre elas, destaca-se uma capa de pelame dotada de pelos assentados, curtos, lisos e brilhantes, provenientes de uma mutação no receptor de prolactina, que contribui para maior tolerância ao calor devido (Olson, 2003; Porto-Neto et al., 2018), como observado pela menor temperatura retal e menor impacto na produção, mesmo sob condições de desafio térmico, em animais que possuíam o fenótipo *slick* (Dikmen et al., 2014). Pelos com essas características, facilitam as trocas de calor permitindo maior eficiência na termólise e consequentemente, maior adaptação ao ambiente tropical (Silva, 2000; Ribeiro et al., 2008).

Outra característica de grande contribuição para a termorregulação, é a peculiaridade da raça quanto às glândulas sudoríparas. A eficiência da sudorese na termólise é dependente do número e morfologia das glândulas, animais Senepol possuem 96% das glândulas do tipo saculiforme, de maior diâmetro e volume, aumentando a capacidade de sudação (Pila, 2011).

Em relação à reprodução, machos apresentam o formato testicular do tipo longo oval (Moraes, 2012), muito comum entre bovinos adaptados ao clima tropical, pois proporciona maior superfície de contato, facilitando as trocas

térmicas com o ambiente (Bailey et al., 1996). Esses animais também apresentam idade à puberdade inferior a outros taurinos criados sob clima tropical, sugerindo melhor adaptação (Bagu, 2006).

Não há dúvidas de que um dos principais obstáculos para o aumento da produtividade nos trópicos, é a busca por uma conciliação satisfatória entre animal e ambiente, para que o cerne da criação animal, que é a produtividade, não seja prejudicado. Uma estratégia que poderia auxiliar nesse impasse, seria a inserção em sistemas de produção de raças consideradas adaptadas, como a Senepol.

REFERÊNCIAS

ABCB Senepol - Associação Brasileira dos Criadores de bovinos Senepol. Disponível em: <http://www.senepol.org.br/>. Acesso em 11 de janeiro de 2019.

ALENCAR, M.M. Perspectivas para o melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MELHORAMENTO ANIMAL, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004.

AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos.** Teresina, Embrapa Meio-Norte, 2009, (Documentos 188).

BAGU, E. T.; COOK, S. J.; HONARAMOOZ, A.; ARAVINDAKSHAN, J. P.; HUCHKOWSKY, S.; RAWLINGS, N. C. Changes in serum luteinizing hormone (LH) concentrations in response to luteinizing hormone releasing hormone (LHRH) in bull calves that attained puberty early or late. **Theriogenology**, v. 66, p. 937 – 944, 2006.

BAILEY, T. L.; MONKE, D.; HUDSON, R. S.; WOLFE, D. F.; CARSON, R. L.; RIDDELL, M. G. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. **Theriogenology**, v. 46, p. 881-887, 1996.

BATISTA, A. A. F. M. L. **Pele e pelame de bovinos e bubalinos como fatores de adaptação ao clima tropical.** 2012. 62 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BICUDO, S. D.; SIQUEIRA, J. B.; MEIRA, C. Patologias do sistema reprodutor de touros. **Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 43-48, 2007.

BRIDI, A. M. **Adaptação e Aclimatação Animal.** 2010. Disponível em <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/AdaptacaoeAclimatacaoAnimal.pdf>. Acesso em 05 de dezembro de 2018.

BROOM, D. M.; JOHNSON, K. G. **Stress and Animal Welfare.** 1ª ed., Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1993, 211 p.

BROWN-BRANDL, T. M.; JONES, D. D. Feedlot cattle susceptibility to heat stress: an animal-specific model. **Transactions of the ASABE**, v. 54, p. 583-598, 2011.

BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 47, 2018.

CARLSON, N. R. **Fisiologia do Comportamento.** 7ª ed., Barueri, Manole, 2002. 699 p.

CATTELAM, J.; DO VALE, M. M. Estresse térmico em bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias,** 108, p. 96–102, 2013.

COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal biology of domestic animals. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 3, p. 513-532, 2015.

COSTA, D. F.; SOUTO, D. V. O.; ROCHA, E. F.; GUIMARÃES, L. J.; SILVA, M. R.; SOUZA, B. B.; SILVA, G. A. Influência do estresse calórico na fisiologia hormonal de bovinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, p. 33 – 38, 2015.

COSTA MELLO, R. R. Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-árido**, v. 10, p. 11-28, 2014.

COSTA MELLO, R. R.; FERREIRA, J. E.; MELLO, M. R. B.; PALHANO, H. B. Influência do manejo na fisiologia reprodutiva do macho bovino. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 19, n. 1, pp. 57-63, 2016.

COSTA E SILVA, E.V. Estresse e manejo reprodutivo de bovinos de corte: problemas e soluções. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 459-484.

COSTA E SILVA, E. V.; RUEDA, P. M.; CARNEIRO, R. C. P. B.; MACEDO, G. G.; ZÚCCARI, C. E. S. N. Estratégias para avaliar bem-estar animal em animais

em reprodução. II Congresso Brasileiro de Bioética e Bem-Estar Animal, Belo Horizonte. **Revista Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 13, p. 20-28, 2010.

COSTA E SILVA, E. V.; FERREIRA, B. X.; QUEIROZ, V. L. D.; COSTA FILHO, L. C. C.; ZÚCCARI, C. E. S. N. Precocidade sexual de touros a campo em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 37, p. 97 – 104, 2013.

COSTA E SILVA, E. V.; COSTA FILHO, L. C. C.; SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, C. C.; QUEIROZ, V. L. D.; ZUCCARI, C. E. S. N. Seleção de touros para reprodução a campo: novas perspectivas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 39, p. 22-31, 2015.

DANTAS, M. R. T.; SOUZA JUNIOR, J. B. F.; DOMINGOS, H. G. T.; TORQUATO, J. L.; FILHO, G. F. S.; COSTA, L. L. M. Termoregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, v. 6, 2012.

DIKMEN, S.; KHAN, F. A.; HUSON, H. J.; SONSTEGARD, T. S.; MOSS, J. I.; DAHL, G. E.; HANSEN, P. J. The SLICK hair locus derived from Senepol cattle confers thermotolerance to intensively managed lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science.** v. 97, p. 5508–5520, 2014.

ENCARNAÇÃO, R. O. **Estresse e produção animal.** Campo Grande, MS, EMBRAPA-CNPCG, 32 p., 1986.

FAÇANHA, D. A. E.; CHAVES, D. F.; MORAIS, J. H. G.; VASCONCELOS, A. M.; COSTA, W. P.; GUILHERMINO, M. M. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, p. 91-103, 2013.

FERNANDES, C. E.; SOUZA, M. I. L. **Fisiologia do aparelho reprodutivo no touro; Avaliação Clínica e exame de sêmen no touro.** 81 p., Campo Grande, 2010.

FIELDS, M. J.; FHENTGES, J. R.; CORNELISS, K. W. Aspect of the sexual development of Brahman versus Angus bulls in Florida. **Theriogenology**, v. 18, p. 17–31, 1982.

HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. **Reprodução Animal.** Barueri, Manole, 2004. 513 p.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. Proceedings of the International livestock

environment symposium. Minneapolis, Minneapolis. **Annals…** St. Joseph: ASAE. p. 563-567, 1997.

MACHADO JÚNIOR, A. A. N. **Influência da morfologia escrotal sobre a termorregulação, a biometria escroto-testicular e o comportamento sexual de caprinos nos períodos seco e chuvoso do Estado do Piauí**. 2006, 84 p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BATTISTON LOUREIRO, C. M. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 50, p. 17-22, 2005.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; SILVA, S. L.; BALIEIRO, J. C. C. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animal. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, p. 647-652, 2009.

MCMANUS, C.; PRESCOTT, E.; PALUDO, G. R.; BIANCHINI, E.; LOUVANDINI, H.; MARIANTE, A. S. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, v. 120, p. 256-264, 2009.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia Animal.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997.

MEIRELES, I. P. **Influência do sombreado em parâmetros fisiológicos e produtivos de vacas mestiças (holandês x zebu).** 2005, 63 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

MENEZES, C. **Sumário de touros Senepol GENEPLUS | EMBRAPA.** Uberlandia, MG. Grupo Publique, 2018.

MIRANDA, J. E. C.; FREITAS, A. F. **Raças e tipos de cruzamento para a produção de leite.** Juiz de Fora, MG, EMBRAPA-CNPGL, 2009.

MOBERG, G. P.; MENCH, J. A. **The Biology of Animal Stress: basic principles and implications for animal welfare.** New York, CABI, 2000, 377 p.

MORAES, G. P. **Puberdade e maturidade sexual de tourinhos Senepol, criados semi-extensivamente na região do Triângulo Mineiro – MG.** 2012. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.

MOTA, L. S. **Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras.** 1997, 69 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

OKAMURA, V. **Estrutura genética da raça Senepol no Brasil por meio de análise de pedigree.** 2015, 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

OLSON, T. A.; LUCENA, C.; CHASE, C. C JR.; HAMMOND, A. C. Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in Bos taurus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 80-90, 2003.

PAULA, D. F. **Senepol: Feito para o Brasil.** Campo Grande: ABCBS, 161 p., 2014.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L.; LIMA, K. A. O.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1492-1498, 2009.

PEZZOPANE, J. R. M.; NICODEMO, M. L. F.; BOSI, C.; GARCIA, A. R.; LULU, J. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **Journal of Thermal Biology**, v. 79, p. 103-111, 2019.

PILA, J. C. **Avaliação da adaptabilidade de novilhas da raça Senepol ao calor pela análise de suas respostas fisiológicas e características das glândulas sudoríparas.** 2011, 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, São Paulo.

PIMENTA, O. S. **Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor em novilhos Senepol**, 2016, 43 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

PORTO-NETO, L. R.; BICKHART, D .M.; LANDAETA-HERNANDEZ, A. J.; UTSUNOMIYA, Y. T.; PAGAN, M.; JIMENEZ, E.; HANSEN, P. J.; DIKMEN, S.; SCHROEDER, S. G.; KIM, E.; SUN, J.; CRESPO, E.; AMATI, N.; COLE, J. B.; NULL, D. J.; GARCIA, J. F.; REVERTER, A.; BARENDSE, W.; SONSTEGARD, T. S. Convergent evolution of slick coat in cattle through truncation mutations in the prolactin receptor. **Frontiers in Genetics.** v. 9, p. 1 – 8, 2018.

RIBEIRO, A. R. B.; ALENCAR, M. M.; OLIVEIRA, M. C. S. Características do pelame de bovinos Nelore, Angus x Nelore e Senepol x Nelore. In: REUNIÃO

539 ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras, MG.
540 **Anais...**
541 SILVA, R. G. **Introdução a Bioclimatologia Animal.** São Paulo: Nobel, 2000,
542 286 p.
543 SANTOS, A. M.; CASTRO, J. J. Stress. **Análise Psicológica**, v. 4, p. 675 – 690,
544 1998.
545 SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of Animal Biometeorology.**
546 Biometeorology, 2013.
547 SILVA, A. L.; SATO, G. Y. P.; BORDIN, R. A.; REIS, H. M. G. A raça Senepol
548 como opção para o melhoramento genético em adaptabilidade ao clima tropical.
549 **Tekhne e Logos**, v. 9, p. 16 – 30, 2018.
550 SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia
551 animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, p. 6-10, 2012.
552 SOUZA, C. D.; CHACUR, M. G. M.; RUEDIGER, F. R.; ANDRADE, I. B.;
553 CARTOCCI, J. S.; BASTOS, G. P.; OBA, E.; RAMOS, A. A. Termorregulação
554 escrotal em touros nelore (Bos taurus indicus). **Colloquium Agrariae**, v. 10, p.
555 101-106, 2014.
556 SOUZA, C. D.; CHACUR, M.G.M.; RUEDIGER, F.R.; ANDRADE, I.B.;
557 CARTOCCI, J.S.; BASTOS, G.P.; OBA, E.; RAMOS, A.A.; GABRIEL FILHO,
558 L.R.A.; CREMASCO, C.P.; PUTTI, F.F. Influência dos fatores climáticos no
559 sêmen de touros Nelore (Bos Taurus Indicus). **Colloquium Agrariae**, v. 11, n.
560 especial, p. 81-87, 2015.
561 TAKAHASHI, L. S.; BILLER, J. D.; TAKAHASHI, K. M. **Bioclimatologia**
562 **Zootécnica.** Jaboticabal, 2009, 91 p.
563 TITTO, C. G.; TITTO, E. A. L.; VIEIRA, R. V.; GLASER, F. D.; TITTO, R. M.;
564 ABLAS, D. S.; PEREIRA, A. M. F.; LEME, T. M. C.; GATTO, E. G.; RAINERI, C.
565 Tolerância ao calor em bovinos de corte de raças europeias utilizadas em
566 cruzamentos industriais no Brasil. 2006. In: IV Congresso Brasileiro de
567 Biometeorologia: Ribeirão Preto, São Paulo. **Anais...**
568 THOM, E. C. Cooling degress: day air-conditioning, heating and ventilating.
569 **Transaction of the American Society of Heating, Refrigeratin and Air**
570 **Conditioning Engineers**, v. 55, p. 65-72, 1958.

TSIGOS, C.; CHROUSOS, G. P. Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. **Journal of Psychosomatic Research**, v. 53, p. 865-871, 2002.

ULRICH-LAI, Y. M.; HERMAN, J. P. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 10, p. 397 – 409, 2009.

VILELA, R. A. **Comportamento e termorregulação de vacas holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre.** 2008, 88 p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

4 CAPÍTULO 2 – EFICIÊNCIA TERMORREGULATÓRIA E PRECOCIDADE SEXUAL DE TOURINHOS SENEPOL EM AMBIENTE TROPICAL

(Redigido conforme as normas da revista *International Journal of Biometereology*)

Resumo – O objetivo foi verificar a associação entre estratégias fisiológicas de regulação térmica e a precocidade sexual de tourinhos da raça Senepol. Utilizou-se 51 tourinhos da raça Senepol, com idade e peso médios de 12 meses e 276,5 kg, mantidos em pastagem em Miranda-MS. Os animais foram submetidos à três tentativas de coleta seminal no período de agosto de 2016 a março de 2017, para análise do perfil andrológico e classificação quanto a precocidade. Em cada coleta, também era realizada a biometria testicular completa e pesagem. Durante a segunda coleta, foi realizado um Teste de Capacidade Termolítica, para cálculo do Índice de Tolerância ao Calor (ITC), no qual registrou-se também variáveis fisiológicas e termográficas. O ambiente foi monitorado durante o Teste para determinação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Procedeu-se uma análise de regressão logística incluindo-se no modelo efeitos fixos características zootécnicas, ITU, ITC e variáveis fisiológicas sobre as classes de precocidade dos animais. Não houve diferença significativa entre as classes de precocidade ($p>0,05$) para os parâmetros fisiológicos. A classe Superprecoce obteve maior valor para ganho médio diário de peso. Observou-se uma concordância de 58,3% e variação da probabilidade de Superprecocidade em função da temperatura do dorso de 28,0% e em função da frequência cardíaca, concordância de 53,8% e variação de 25,0%. Valores mais próximos do limiar fisiológico normal indicam maior probabilidade de Superprecocidade. Tourinhos da raça Senepol que utilizam os mecanismos termorregulatórios de maneira mais eficiente, possuem maior probabilidade de serem Superprecoces, viabilizando a utilização da termotolerância para seleção.

Palavras-chave: Estresse por calor, puberdade, reprodução, termografia por infravermelho, termorregulação

EFFICIENCY THERMOREGULATORY AND SEXUAL PRECOCITY OF SENEPOL YOUNG BULLS IN TROPICAL ENVIRONMENT

Abstract – The objective was to verify the association between physiological strategies of thermal regulation and the sexual precocity of Senepol young bulls. Fifty-one Senepol bulls were used, with mean age and weight of 12 months and 276.5 kg, kept in pasture in Miranda-MS. The animals were submitted to three attempts of seminal collection from August 2016 to March 2017, for analysis of the andrological profile and classification as to precocity. At each collection, complete testicular biometry and weighing were also performed. During the second collection, a Thermolytic Capacity Test was performed to calculate the Heat Tolerance Index (HTI), in which physiological and thermographic variables were also recorded. The environment was monitored during the Test to determine the Temperature and Humidity Index (THI). A logistic regression analysis was carried out, including in the model fixed effects zootechnical characteristics, THI, HTI and physiological variables on the precocious classes of the animals. There was no significant difference between the precocity classes ($p > 0.05$) for the physiological parameters. The class Superprecoce obtained higher value for average daily gain of weight. There was a concordance of 58.3% and variation of the probability of Superprecocity as a function of the back temperature of 28.0% and heart rate, agreement of 53.8% and variation of 25.0%. Values closer to the normal physiological threshold indicate greater probability of Superprecocity. Senepol breeders that use thermoregulatory mechanisms in a more efficient way, are more likely to be Superprecoces, making possible the use of thermotolerance for selection.

Key words: Heat stress, infrared thermography, puberty, reproduction, thermoregulation

INTRODUÇÃO

A rentabilidade econômica de um sistema de produção é dependente da capacidade produtiva e reprodutiva do rebanho. Por esse motivo, as características que aumentam a eficiência reprodutiva, devem ser priorizadas devido seu impacto direto na produtividade, principalmente ao se tratar de touros, que possuem uma distribuição de material genético privilegiada pelo sistema reprodutivo adotado pela maioria dos criadores (Costa e Silva et al. 2015).

Uma das características que pode favorecer o aumento do progresso genético é a idade à puberdade, ela é um indicativo de precocidade sexual, que permite identificar e utilizar animais mais precoces, reduzindo o intervalo entre gerações, tornando assim, o manejo mais eficiente (Moraes 2012).

Sabe-se, porém, que a precocidade dos animais é influenciada por fatores ligados à genética, nutrição e ao clima (Fields et al. 1982). No caso de touros criados em ambiente tropical, o principal entrave é o estresse térmico oriundo da influência de fatores microclimáticos típicos dessa região, que afetam de maneira negativa o desenvolvimento sexual dos animais (Costa e Silva 2004).

Uma estratégia para mitigar o impacto do estresse por calor e preservar os bons índices reprodutivos é realizar a seleção de animais mais precoces que também sejam adaptados ao ambiente de criação (Costa Mello 2014). Isso pode ser obtido, através da utilização de raças taurinas consideradas adaptadas ao clima tropical, como a Raça Senepol (Silva et al. 2018).

O Brasil possui o maior rebanho Senepol do mundo, com cerca de 90 mil exemplares registrados já nascidos em solo nacional. O principal motivo dessa expansão, é a viabilização da criação de animais taurinos sob condições ambientais consideradas fora de sua zona de conforto térmico, tornando possível a obtenção de sistemas de produção eficientes nos trópicos (Pimenta, 2016; Menezes et al., 2018).

Todavia, ainda se faz necessário identificar características que viabilizem a seleção de indivíduos mais adaptados e com boa herdabilidade, para que possam ser adotadas em Programas de Melhoramento Genético (Costa e Silva et al. 2015).

Dessa forma foi realizado um estudo com o objetivo de verificar a associação entre as estratégias fisiológicas de regulação térmica e a precocidade sexual de tourinhos da raça Senepol.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O experimento foi realizado em uma propriedade rural na região de Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil (20º 05' 10'' S e 56º 36' 75'' W). O clima é do tipo Aw (tropical quente e úmido), segundo classificação de Köppen (Kottek et al. 2006), com temperatura média anual de 26°C e precipitação pluviométrica de 1.182 mm^3.

Animais experimentais e manejo

Foram utilizados 51 machos bovinos Senepol, com idade inicial média de 11 ± 0,3 meses de idade e 276, 5 ± 41,0 kg de peso vivo. Os animais foram alocados em uma área de pastagem formada por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Panicum maximum* cv. Tanzânia e mantidos sob as mesmas condições de manejo sanitário e nutricional, e recebendo fornecimento de água e sal mineral *ad libitum*. Todos os procedimentos realizados durante o experimento foram aprovados pela Comissão de Ética para o Uso de Animais (CEUA), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob o protocolo número 649/2014.

Figura 1. Animal experimental da raça Senepol, no município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Fonte: GERA-MS.

737

738 Características zootécnicas

739

740 Os animais utilizados neste estudo estavam participando de uma Prova
741 de Avaliação de Desempenho da raça Senepol (PADS), realizada pela
742 Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos Senepol (ABCB SENEPOL) em
743 parceria ao Programa Geneplus Embrapa. A PADS é uma prova zootécnica, na
744 qual são avaliadas características relacionadas a crescimento, à eficiência
745 alimentar, à conformação e à fertilidade, para posterior utilização dessas
746 informações no Programa de Melhoramento Genético Senepol (PMGS)
747 (Menezes et al. 2017).

748 Dessa forma, os animais eram pesados mensalmente e por meio do
749 controle zootécnico obtivemos os dados de peso, para cálculo de peso inicial (Pi;
750 Kg), peso à puberdade (Pp; Kg) e ganho médio diário de peso (Pgmd; Kg).

751

752 Exame andrológico

753

754 Para a avaliação do perfil andrológico e classificação de puberdade, os
755 animais foram submetidos a três tentativas de coleta seminal nos meses de
756 agosto, janeiro e março. O método utilizado foi eletroejaculação com análise
757 quantitativa e qualitativa do ejaculado de acordo com a metodologia sugerida
758 pelo CBRA (2013).

759 A cada coleta, os tourinhos eram considerados púberes se atingissem
760 10% de motilidade espermática e 50 milhões de espermatozóides totais no
761 ejaculado. Sendo então classificados quanto a precocidade sexual em três
762 classes: Superprecoces até 13 meses, Precoces entre 13 e 15 meses, e Tardios
763 acima de 15 meses de idade.

764 A biometria testicular completa foi realizada, registrando-se o perímetro
765 escrotal (cm) com fita métrica e calculado o volume testicular (mm^3) (Bailey et al.
766 1998), considerando os formatos longos/ovais, a partir da largura e comprimento,
767 obtidos pelo paquímetro (Figura 2) (Bailey et al. 1996).

Figura 2. Biometria testicular realizada nos animais experimentais da raça Senepol, durante o exame andrológico no município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Fonte: GERA-MS

Índice de Tolerância ao Calor

Durante a tentativa de coleta seminal do mês de janeiro, (período que compreende o alto verão na região), os animais também foram submetidos a um Teste de Capacidade Termolítica, que consiste em avaliar a capacidade do animal em perder calor e recompor a temperatura corporal normal após o término de uma exposição solar.

Para a avaliação, foram formados dois lotes (sendo um lote com 21 e outro com 30 animais), devido a capacidade de suporte da área sombreada, totalizando dois dias de avaliação.

Os animais foram trazidos do pasto às 8:00 horas e mantidos à sombra, proporcionada por uma tela de polipropileno (tipo sombrite), com 70% de retenção de luz disposta sob uma parte do mangueiro. Nesta aréa sombreada os animais permaneciam por duas horas, para estabilização de seu metabolismo, sendo ao fim desse período tomada a primeira avaliação de temperatura retal (TR1).

Posteriormente os animais foram expostos a plena incidência solar, por uma hora e em seguida retornavam à sombra por mais duas horas, para ao término, ser obtida a segunda avaliação de temperatura retal (TR2).

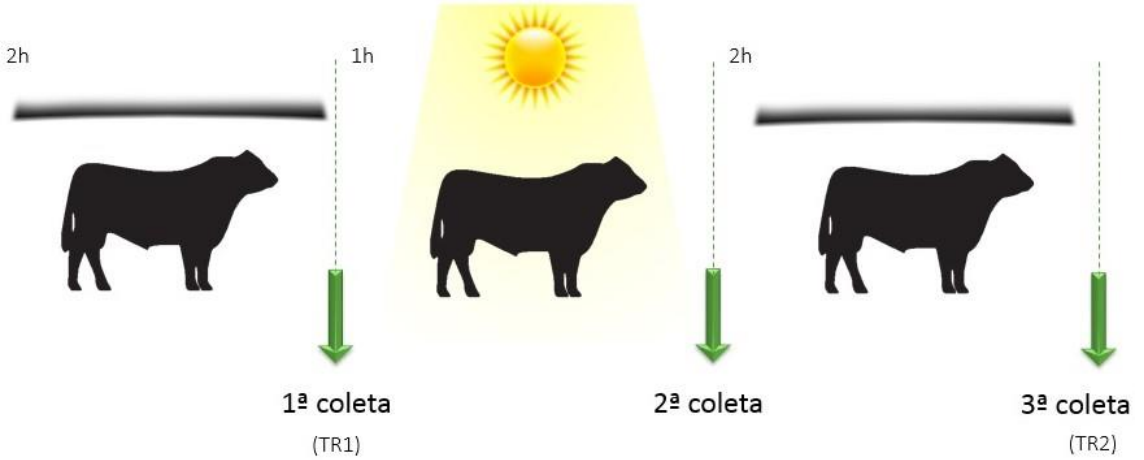

Figura 3. Esquema de coleta de temperatural retal do Teste de Capacidade Termolítica, realizado nos animais da raça Senepol, no município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Fonte: GERA – MS

A TR foi obtida com uso de um termômetro clínico digital (modelo Digi-temp, marca Kruuse) em contato com a mucosa retal do animal e mantido até que fosse emitido um sinal sonoro, indicando a estabilização da temperatura.

A diferença entre as temperaturas retais obtidas antes da exposição e após a exposição solar, aplicadas à equação, resulta no Índice de Tolerância ao Calor (ITC), que é expresso em uma escala de 0 a 10, considera-se mais adaptado ao ambiente, o animal que apresentar o valor de ITC mais próximo a 10 (Baccari Junior 1986), sendo obtido pela seguinte equação:

$$(ITC) = 10 – (TR2-TR1)$$

Onde: TR1 corresponde a temperatura retal (TR; °C) antes da exposição solar; TR2 corresponde a TR após a exposição solar;

Parâmetros fisiológicos

Durante o Teste de Capacidade Termolítica, também foram aferidas as seguintes variáveis fisiológicas: frequência cardíaca (FC; batimentos/ minuto), frequência respiratória (FR; movimentos/ minuto) e temperatura superficial (TS; °C).

A FC foi obtida por auscultação dos batimentos cardíacos, durante 15 segundos, utilizando um estetoscópio localizado em correspondência ao 4º intervalo intercostal no lado direito do animal, evitando que os processos peristálticos do rúmen alterassem o procedimento. O valor obtido foi multiplicado por quatro, totalizando-se 60 segundos e expressa em batimentos/minuto. A FR foi realizada por observação direta dos movimentos do flanco durante 15 segundos, multiplicada por quatro, expressa em movimentos /minuto (Smith 1993).

A TS foi avaliada em três diferentes pontos, sendo eles: cabeça (TScab; °C), dorso (TSdor; °C) e escroto (TSesc; °C), utilizando um pirômetro (termômetro digital infravermelho com mira a laser, modelo 890 portátil, marca Instrutherm) e uma câmera termográfica profissional Thermal Imager (Testo 880®), com resolução de 360 x 240 (número de pixels: 76.800), lente com 7.5 mm de comprimento focal (campo de visão 32°x 23°; f/0.84) com precisão de ± 0,1ºC, intervalo de espectro infravermelho de 7 a 13 µm.

Na coleta da temperatura por meio da termografia, foi estabelecida a distância entre a câmera de: 1,0 m para a cabeça e dorso e 0,5 m para o escroto. As imagens obtidas foram analisadas pelo software da própria câmera (Testo IRSoft Software), com a escala definida na opção de paleta frio/quente, temperatura ajustada de acordo com a temperatura ambiente e índice de emissividade de 0,98 (Figura 4) (Kunc et al. 2007; Lees 2016).

Foi considerada na avaliação da imagem da cabeça um traçado em círculo para a obtenção da temperatura máxima, na região orbitária incluindo o globo ocular, a pele ao redor da cavidade ocular e a glândula lacrimal. Esta região foi definida devido a sensibilidade às variações de temperatura associadas ao estresse térmico (Schaefer et al. 2007).

Para análise da imagem termográfica do dorso, foi utilizado um traçado retangular na porção superior do flanco e obtido a temperatura máxima. A análise da imagem da região escrotal foi realizada utilizando traçados retangulares para obtenção da temperatura máxima, posicionados nas porções apical (TIVescA) equatorial (TIVescE) e basal (TIVescB), compreendendo ambos os testículos e calculado a média da temperatura máxima das três porções.

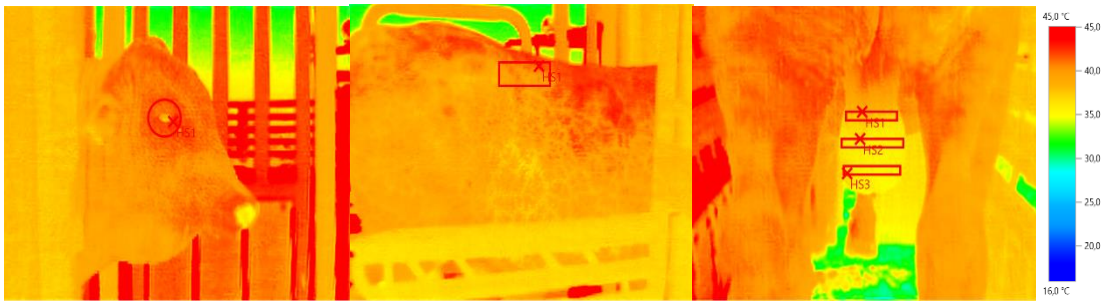

Figura 4. Análise das imagens termográficas obtidas nas regiões da cabeça, dorso e escroto, em tourinhos da raça Senepol, durante o Teste de Capacidade Termolítica, no município de Miranda, Mato Grosso do Sul. Fonte: GERA – MS.

Durante todo o período de avaliação, os animais não tiveram acesso a água e comida, de forma a evitar interferência na mensuração das variáveis fisiológicas.

Avaliações microclimáticas e Índice de Temperatura e Umidade

O microclima foi avaliado concomitamente ao Teste de Capacidade Termolítica realizado no mês de janeiro. Foram obtidos os registros de temperatura de bulbo seco (°C), temperatura do ponto de orvalho (°C), umidade relativa do ar (%), com os equipamentos alocados a 1,5 m de altura da superfície do solo (Karvatte et al. 2016), utilizando o modelo de abrigo metereológico proposto por Trumbo et al. (2012), com o uso de um termohigrômetro digital com data logger, programados para registro a cada dez minutos, inseridos em canos de PVC adaptados, a pleno sol e na sombra do curral de manejo dos animais.

Para caracterizar o ambiente térmico foram calculados, para cada período e horário de avaliação, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), de Thom (1958):

$$ITU = t + 0{,}36.\ tpo + 41{,}2$$

Onde: t corresponde a temperatura de bulbo seco (°C); tpo: temperatura do ponto de orvalho (°C);

O ambiente foi classificado segundo Hahn & Mader (1997), no qual valores de ITU ≤ 70 são indicadores de um ambiente não estressante; entre 71

e 78 são críticos; de 79 a 83 a situação de perigo; e acima de 83, situação de emergência.

Análise estatística

Foi realizada análise de regressão logística incluindo-se no modelo os efeitos fixos características zootécnicas, índice de conforto térmico, variáveis fisiológicas e ITC sobre as classes de precocidade dos animais. A correlação de Pearson foi realizada para mensurar a associação da temperatura retal com as temperaturas superficiais e termografia, utilizando o programa estatístico SAS, versão 9.2 (2009). Para caracterização das características reprodutivas, zootécnicas e fisiológicas entre as classes de precocidade foram calculadas por média e desvio padrão e comparadas por teste de t de student, em nível de 5% de significância, através do programa SAS 9.2 (2009).

RESULTADOS

Variavéis ambientais

A variação do ITU (ao sol e sombra) durante os dois dias do ITC, está apresentado na figura 5. O menor valor de ITU registrado no primeiro dia, foi encontrado às 8h00 (79 à sombra) e o maior às 16h00 (90 ao sol). No segundo dia, o menor valor foi obtido às 8h00 (79 à sombra) e o maior entre às 15h00 e 17h00 (93 ao sol).

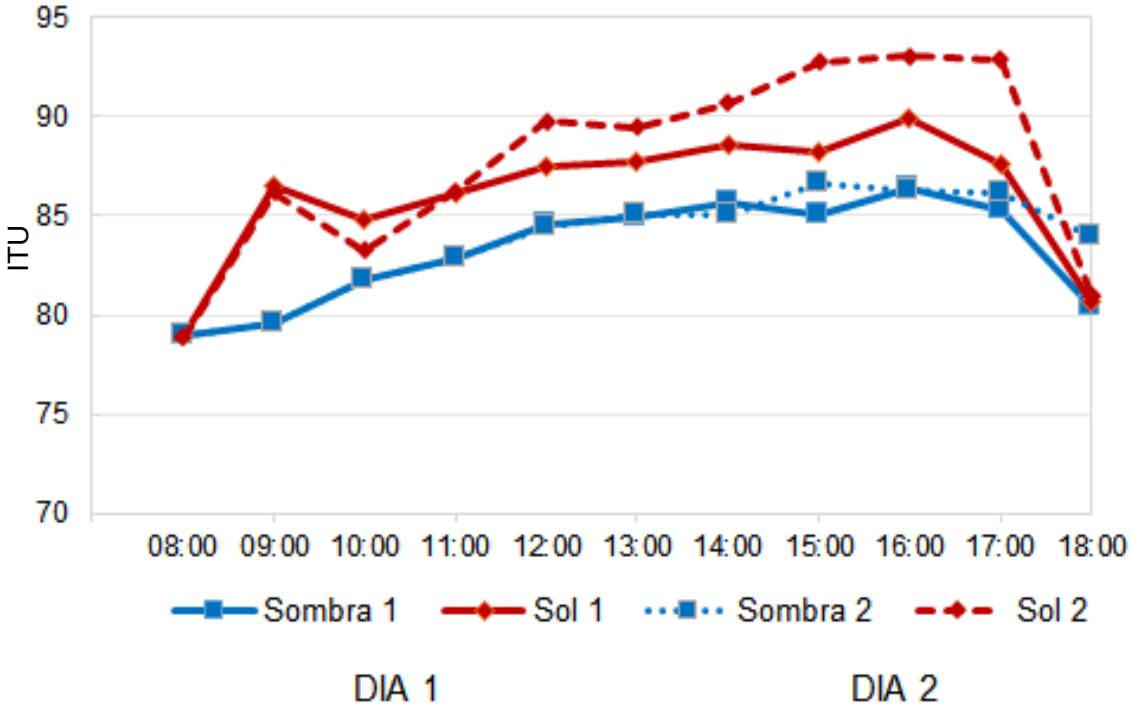

Figura 5. Índice de Temperatura e Umidade a sombra e ao sol, durante os dois dias do Teste de Capacidade Termolítica, realizado em bovinos machos da raça Senepol no município de Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Variáveis fisiológicas

As médias de cada classe e a média geral para as variáveis fisiológicas e ITC estão apresentadas na Tabela 1.

Não houve influência das variáveis fisiológicas e do ITC obtidos sobre as classes de precocidade ($p>0,05$). Apenas TSdor (37,42 ± 0,11 °C), TIVdor (39,33 ± 0,12 °C) e FC (98,90 ± 2,83 bat/min), apresentaram valores acima da normalidade para bovinos, sendo de até 35 °C para o pelame da região do dorso (Martello et al. 2004), e entre 60 a 80 batimentos/minuto para a FC.

Tabela 1. Índice de Tolerância ao Calor (ITC) e variáveis fisiológicas (média ± erro padrão), obtidos durante o Teste de Capacidade Termolítica, realizado no verão em machos bovinos Senepol.

	Classificação de Precocidade			
	Superprecoce (n=9)	*Precoce (n=18)*	*Tardio (n=24)*	*Geral (n=51)*
TIVcab	39,97 ± 0,15	40,14 ± 0,12	40,15 ± 0,09	40,11 ± 0,07
TIVdor	39,13 ± 0,24	39,20 ± 0,20	39,50 ± 0,17	39,33 ± 0,12
TIVescA	38,16 ± 0,20	38,25 ± 0,23	38,50 ± 0,13	38,35 ± 0,10
TIVescE	37,02 ± 0,20	36,99 ± 0,23	37,14 ± 0,11	37,07 ± 0,10
TIVescB	36,37 ± 0,23	36,44 ± 0,26	36,31 ± 0,14	36,36 ± 0,12
TIVescMd	37,18 ± 0,17	37,24 ± 0,22	37,32 ± 0,11	37,27 ± 0,09
TScab	37,49 ± 0,25	37,58 ± 0,14	37,66 ± 0,12	37,60 ± 0,08
TSdor	37,50 ± 0,22	37,21 ± 0,24	37,54 ± 0,14	37,42 ± 0,11
TSesc	35,05 ± 0,28	35,09 ± 0,25	35,24 ± 0,13	35,16 ± 0,11
FR	49,33 ± 3,77	51,76 ± 3,23	48,48 ± 1,87	49,73 ± 1,54
FC	91,11 ± 7,90	97,88 ± 5,11	102,40 ± 3,65	98,90 ± 2,83
TR	39,14 ± 0,09	39,29 ± 0,16	39,32 ± 0,08	39,24 ± 0,07
ITC	9,57 ± 0,13	9,89 ± 0,23	9,68 ± 0,12	9,73 ± 0,09

TIVcab= termografia da cabeça; TIVdor= termografia do dorso; TIVescA= termografia do escroto na porção apical; TIVescE= termografia do escroto na porção equatorial; TIVescB= termografia do escroto na porção basal; TIVescMd= termografia média das três porções do escroto; TScab= temperatura superficial da cabeça; TSdor= temperatura superficial do dorso; TSesc= temperatura superficial do escroto; FR= frequência respiratória (movimento/minuto); FC= frequência cardíaca (batimentos/minuto); e TR= temperatura retal; ITC= índice de temperatura e conforto térmico.

Foram observadas correlações altas com associação positiva entre TIVcab e a TR; TIV e TS da região do dorso. Para as porções do escroto, entre TIVescA e TIVescE; e TIVescE e TIVescB. As três porções avaliadas também apresentaram correlações positivas e altas com a TIVescMd. A TSesc obteve correlação alta e positiva com TIVescE e B, além de TIVescMd (Tabela 2).

As médias de cada classe de precocidade e a média geral para as características zootécnicas estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2. Coeficiente de Correlação de Pearson (r) entre temperatura retal, temperaturas superficiais e obtidas por termografia em machos bovinos Senepol.

	Variáveis									
	TIVcab	TIVdor	TIVescA	TIVescE	TIVescB	TIVescMd	TScab	TSdor	TSesc	TR
TIVcab	1									
TIVdor	0,4489*	1								
TIVescA	0,2818*	0,1404	1							
TIVescE	0,5040*	0,2970*	0,7083*	1						
TIVescB	0,5548*	0,3309*	0,4198*	0,8008*	1					
TIVescMd	0,5165*	0,2890*	0,8088*	0,9527*	0.8548*	1				
TScab	0,2631	0,4920*	-0,1407	-0,0204	0,1711	0,0117	1			
TSdor	0,2915*	0,7328*	-0,0094	0,1885	0,3197*	0,1948	0,6066*	1		
TSesc	0,5412*	0,3724*	0,5550*	0,8782*	0,7858*	0,8472*	0,1081	0,2889*	1	
TR	0,7235*	0,3666*	0,3354*	0,4341*	0,4340*	0,4603	0,1584	0,3085*	0,4939*	1

*Nível de significância p<0,05. TIVcab= termografia da cabeça em °C; TIVdor= termografia do dorso em °C; TIVescA= termografia do escroto na porção apical em °C; TIVescE= termografia do escroto na porção equatorial em °C; TIVescB= termografia do escroto na porção basal em °C; TIVescMd= termografia média das três porções do escroto em °C; TScab= temperatura superficial da cabeça em °C; TSdor= temperatura superficial do dorso em °C; TSesc= temperatura superficial do escroto em °C; TR= temperatura retal em °C.

Em relação às características zootécnicas, foram observadas diferenças significativas ($p<0,05$) entre as classificações por precocidade em decorrência de: peso a puberdade (Pp; Kg), ganho médio diário de peso (Pgmd; Kg) e perímetro escrotal a puberdade (PEp; cm).

A classe Superprecoce apresentou maior Pgmd (0,621 ± 0,03 Kg), não diferindo estatisticamente da classe Precoce, para esta variável (0,601 ± 0,02), a qual também apresentou maior Pp (408,71 ± 7,80 Kg) e Pep (32,89 ± 0,49 cm). A classe Tardio, diferiu estatisticamente da Superprecoce apenas para Pgmd (0,525 ± 0,03 Kg), entretanto em relação a classe Precoce, ela foi diferente tanto para Pp, quanto para PEp.

Tabela 3. Características zootécnicas (média ± erro padrão) de acordo com a classificação quanto à precocidade de tourinhos da raça Senepol, obtidos em três coletas realizadas em machos bovinos Senepol.

	Classificação de Precocidade			
	Superprecoce (n=9)	*Precoce (n=18)*	*Tardio (n=24)*	*Geral (n=51)*
IP	349,56 ± 4,71^{c}	421,53 ± 3,53^{b}	521,00 ± 6,70^{a}	449,13 ± 10,55
IPm	11,65 ± 0,16^{c}	14,05 ± 0,12^{b}	17,37 ± 0,22^{a}	14,97 ± 0,35
Pi	269,22 ± 15,22^{a}	292,47 ± 7,62^{a}	268,28 ± 8,67^{a}	276.50 ± 5,74
Pp	375,33 ± 14,86^{b}	408,71 ± 7,80^{a}	379,16 ± 9,33^{b}	389,55 ± 6,04
Pgmd	0,621 ± 0,03^{a}	0,601 ± 0,02^{ab}	0,525 ± 0,03^{b}	0,567 ± 0,01
PEi	25,40 ± 1,04^{a}	26,41 ± 0,56^{a}	24,68 ± 0,63^{a}	25,38 ± 0,40
PEp	29,67 ± 0,85^{b}	32,89 ± 0,49^{a}	30,96 ± 0,59^{b}	31,43 ± 0,39
PEgmd	0,036 ± 0,003^{a}	0,036 ± 0,002^{a}	0,031 ± 0,002^{a}	0,033 ± 0,001

*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente a um nível de 5%, pelo teste de t. IP= idade a puberdade em dias; IPm= idade a puberdade em meses; Pi =peso inicial em Kg; Pp= peso a puberdade em Kg; Pgmd= ganho médio diário de peso em Kg; PEi= perímetro escrotal inicial em cm; PEp= perímetro escrotal a puberdade em cm; e PEgmd= ganho médio diário em cm de perímetro escrotal.

A análise de regressão logística mostrou que as variáveis que apresentaram maior concordância com o modelo foram: TIVdor (58,3%) (Figura 3); FC (53,8%) (Figura 4); PEp (49,5%) e TSesc (48,4%). O modelo apresentou 96,6% de concordância da equação com os dados observados, ou seja, o modelo estimado possui boa aderência.

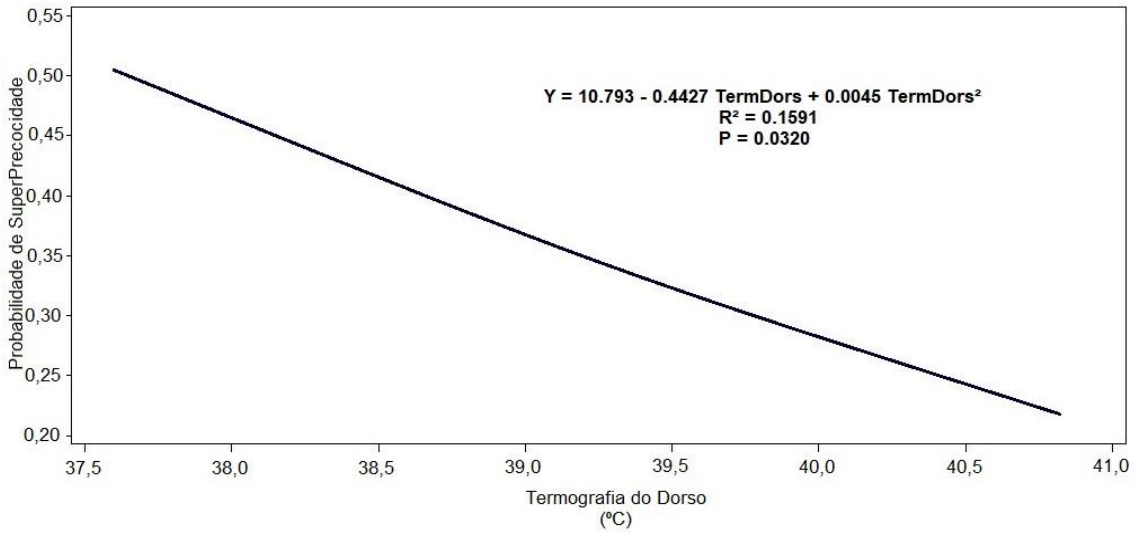

Figura 6. Probabilidade de Superprecocidade em função da termografia do dorso (°C) de bovinos machos Senepol em Miranda-MS.

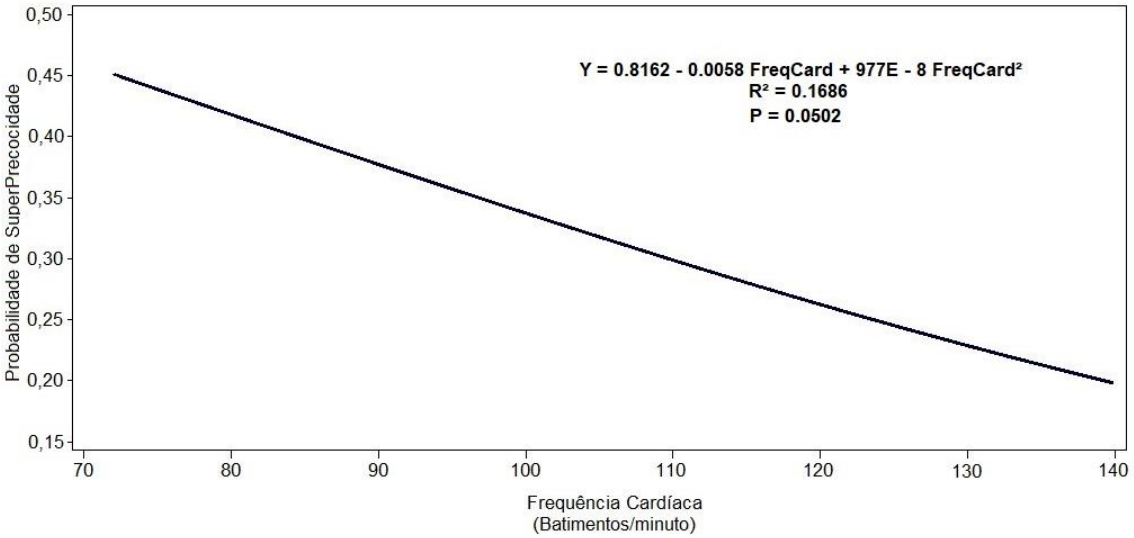

Figura 7. Probabilidade de Superprecocidade em função da frequência cardíaca (batimento/minuto) de bovinos machos Senepol em Miranda-MS.

DISCUSSÃO

Ambiente

Ambientes com ITU <70 são considerados termicamente confortáveis, sem prejuízo da homeostase (Martello et al. 2004). Entretanto, de acordo com os valores de ITU encontrados em ambos os dias do Teste de Capacidade

Termolítica, os animais estavam submetidos a condição de estresse térmico por calor considerado de perigo (79 a 83) à emergência (>83) (Baêta e Souza 2010), sendo necessária a ativação de mecanismos termorreguladores.

Variáveis fisiológicas

Os valores obtidos para TSdor (37,42 ± 0,11 °C), TIVdor (39,33 ± 0,12 °C) e FC (98,90 ± 2,83 bat/min), indicavam necessidade de ativação dos mecanismos de termólise (Collier et al. 2006; Feitosa et al. 2008).

A FC é o primeiro mecanismo acionado para dissipação do calor, seguido da sudorese, que embora não tenha sido avaliada neste estudo, sabe-se que os animais da raça Senepol possuem 96% das glândulas sudoríparas do tipo saculiforme, o que os torna eficientes na evaporação cutêanea (McManus et al. 2009; Takahashi et al. 2009; Pila 2011).

Visto que a FR é o terceiro mecanismo utilizado pelos bovinos para evitar o estresse térmico e nesse trabalho não apresentou valores elevados (49,73 ± 1,54 mov/min), acima do considerado normal de até 60 movimentos por minuto (Perissinoto et al. 2009), pode se inferir que apenas com as duas primeiras estratégias de termorregulação (FC e sudorese), os animais conseguiram manter sua homeostase. Resultados semelhantes foram encontrados por Pimenta (2016) ao avaliar parâmetros fisiológicos e ITC de novilhos Senepol.

A TR obtida neste estudo (39,24 ± 0,07 °C) reitera essa afirmativa, sobretudo por ser o principal indicativo de adaptabilidade fisiológica a ambientes quentes, na qual quando acima da normalidade (39,3 °C) aponta perda da eficácia dos demais mecanismos de termólise (Mota 1997), ou seja, a TR evidência que os animais não estavam em estresse térmico.

Na interpretação do ITC, quanto mais próximo a 10, mais adaptado o animal está ao ambiente (Baccari Junior 1986), portanto a média das classes (9,73 ± 0,09) indica que esses animais estavam bem adaptados à condição ambiental avaliada, corroborando com os resultados encontrados de TR, principalmente pelos valores de ITU acima dos ideais ao qual os animais estavam submetidos.

Os dados de termografia obtidos das diferentes regiões do escroto (TIVescA; TIVescE; TIVescB e TIVescMd) e de temperatura superficial (TSesc)

também sugerem uma eficiência na termorregulação escrotal, uma vez que existe um perfil decrescente de temperatura, variando cerca de 2°C e 2 a 6°C abaixo da temperatura corpórea, respectivamente (Garcia 2004; Kastellic 2014; Romanello et al. 2018). As correlações observadas entre a TIVesc e TSesc, sugerem que avaliação dessa região pode ser realizada por meio do pirômetro de mira a laser, sendo este mais viável economicamente.

A TIVcab apresentou correlação alta e positiva com a TR, isso é devido a região do globo ocular apresentar maior sensibilidade as variações de termorregulação (Schaefer et al. 2007), como observado em um estudo com bubalinos mantidos sob clima tropical, no qual observou que a mesma variava de acordo com a TR (Silva et al. 2017), semelhante aos resultados encontrados nesse estudo.

Diferenças na IP são encontradas quando comparamos animais zebuínos e taurinos (Fields et al. 1982). Fatores ligados a genética, a nutrição e ao clima podem influenciar a precocidade dos animais. Animais zebuínos são mais tardios que taurinos criados sob clima tropical e estes mais tardios que taurinos sob clima temperado (Costa Mello 2014). Neste estudo, os animais apresentaram IPm médio aos 14,9 meses e Pp de 389,5 Kg, valores semelhantes aos encontrados na mesma região de Miranda-MS com tourinhos Senepol, por Silva et al. (2018).

O valor médio de PEp (31,43 ± 0,39 cm) deste estudo, se encontra próximo ao observado por outros autores ao avaliar puberdade em touros Senepol (Wildeus 1993; Faria et al. 2017; Silva et al. 2018). Os animais Superprecoces e Tardios não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) quanto a Pp e PEp, possivelmente devido ao baixo desenvolvimento corporal dos animais Tardios, o que também pode ser observado pelos valores de Pgmd, que diferiram entre as classes, na qual a classe Tardio, obteve os menores ganhos (0,525 ± 0,03 Kg).

Correlações altas e favoráveis são observadas entre PE e peso corporal, características estas que por sua vez são fatores que influenciam a IP (Siqueira et al. 2013). Os animais Superprecoces apresentaram maior Pgmd (0,621 ± 0,03 Kg), isso pode ser um reflexo de uma resposta mais eficiente à ação do calor sobre o seu metabolismo, na qual a demanda de energia utilizada para manter a homeostase é menor, permitindo maior enfoque na produção.

A análise de regressão logística demonstrou que três das variáveis analisadas (TIVdor; FC e TSesc) que contribuíram com maior intensidade para a probabilidade de Superprecocidade, são variáveis fisiológicas e estão diretamente ligadas a termorregulação dos bovinos. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas pelo teste de t de student ($p>0,05$) entre as classes para essas variáveis, observa-se que a classe Superprecoce apresentou os menores valores para todas.

Houve uma variação de aproximadamente 28% da probabilidade de Superprecocidade em função da TIVdor, na qual quanto mais próxima a temperatura se encontrava da zona de normalidade, maior a chance dos animais serem Superprecoces. A análise da Superprecocidade em função da FC demonstrou um padrão semelhante com cerca de 25% de variação.

Os dados obtidos pela análise de regressão logística ratificam a importância dos mecanismos termorregulatórios, como a FC para o metabolismo dos tourinhos Senepol.

Bovinos menos adaptados ao clima tropical ficam sujeitos as ações do estresse térmico sobre seu organismo (Silva & Maia 2013). Uma das consequências diretas do estresse é a elevação dos níveis de cortisol, ocasionando redução da liberação de LH e FSH e consequentemente na produção de testosterona (Maffei 2009; Costa Mello et al. 2016), a qual participa diretamente do desenvolvimento corpóreo e sexual, interferindo na precocidade (Silva et al. 1993).

Embora a raça Senepol seja adaptada aos trópicos, é possível realizar seleção, devido aos diferentes níveis de adaptabilidade possivelmente oriundos de diferentes linhagens. No entanto, ainda é necessário a validação de técnicas confiáveis que abordem a tolerância ao calor. O ITC é uma ferramenta para a identificação de animais mais tolerantes, entretanto, despende muito tempo de manejo e depende diretamente das condições ambientais, o que inviabiliza sua massificação ou inclusão em programas de melhoramento genético.

Tourinhos da raça Senepol que utilizaram de maneira mais eficiente os mecanismos termorregulatórios de dissipação de calor, ou seja, são mais adaptados ao clima dos trópicos, possuiram maior probabilidade de apresentarem Superprecocidade. A característica de termotolerância deve receber atenção para seleção em ambiente tropical, devido sua influência sob

características de interesse econômico, como idade à puberdade, que afetam diretamente a rentabilidade do rebanho.

CONCLUSÃO

Estratégias fisiológicas de regulação térmica apresentaram associação com a precocidade sexual de tourinhos da raça Senepol. Os animais avaliados neste trabalho apresentaram boa adaptação ao clima tropical. Medidas como temperatura do dorso por termografia por infravermelho, frequência cardíaca e temperatura de superfície escrotal podem auxiliar a seleção de animais mais precoces.

REFERÊNCIAS

ABCB - Associação brasileira dos criadores de bovinos senepol. http://www.senepol.org.br. Acessado em 11 de janeiro de 2019

Baccari Júnior F, Polastre R, Fré CA, Assis PS (1986) Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, Campo Grande, MS. Anais...

Baêta FC, Souza CF (2010) Ambiência em edificações rurais: Conforto animal. EDUFV, Viçosa

Bailey TL, Monke D, Hudson RS, Wolfe DF, Carson RL, Riddell MG (1996) Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. Theriogenology, 46:881-887 doi:10.1016/s0093-691x(96)00245-2

Bailey TL, Hudson TS, Powe TA (1998) Caliper and Ultrasonographic measurements of bovines' testicles and mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. Theriogenology, 49:581-594 doi:10.1016/s0093-691x(98)00009-0

CBRA - Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (2013) Manual para exame andrológico e avaliação do sêmen animal, Belo Horizonte

1117 Collier RJ, Dahl GE, VanBaale MJ (2006) Major advances associated with
1118 environmental effects on dairy cattle. Journal of Dairy Science, 89:1244-
1119 1253 doi:10.3168/jds.s0022-0302(06)72193-2

1120 Costa e Silva EV (2004) Estresse e Manejo reprodutivo de bovinos de corte:
1121 problemas e soluções. IV Simpósio de produção de gado de corte, Viçosa, 459-
1122 484

1123 Costa e Silva EV, Costa Filho LCC, Souza CC, Oliveira CC, Queiroz VLD, Zuccari
1124 CESN (2015) Seleção de touros para reprodução a campo: novas perspectivas.
1125 Revista Brasileira de Reprodução Animal, 39:22-31

1126 Costa Mello RR (2014) Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos.
1127 ACSA – Agropecuária Científica no Semi-árido, 10:11-28 doi 10.30969/acsa.v10
1128 i3.571

1129 Costa Mello RR, Ferreira JE, Mello MRB, Palhano HB (2016) Influência do
1130 manejo na fisiologia reprodutiva do macho bovino. Arquivos de Ciências
1131 Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, 19:57 – 63 doi:10.25110/arqvet.v19i1.2016.
1132 5792

1133 Faria ACF, Assumpção TI, Silva NAM, Santos RM (2017) Avaliação do perímetro
1134 escrotal e características seminais de touros Senepol, de acordo com a idade.
1135 Ciência Animal, 27:3–14

1136 Feitosa FLF (2008) Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico. Roca, São
1137 Paulo

1138 Fields MJ, Fhentges JR, Corneliss KW (1982) Aspect of the sexual development
1139 of Brahman versus Angus bulls in Florida. Theriogenology, 18:17–31 doi:
1140 10.1016/0093-691X(82)90045-0

1141 Garcia AR (2004) Efeitos do estresse térmico testicular e do uso da
1142 somatotropina recombinante bovina nas características seminais, integridade de
1143 membranas, função mitocondrial e estrutura da cromatina de espermatozoides
1144 de touros Simental (Bos taurus taurus). Tese, Universidade de São Paulo

1145 Hahn GL, Mader TL (1997) Heat waves in relation to thermoregulation, feeding
1146 behavior and mortality of feedlot cattle. In: Proceedings of 5th International
1147 Livestock Environment Symposium, Vol I. ASAE SP01-97. ASAE, Minneapolis,
1148 Minn., pp 563–571

1149 Hahn GL, Parkhurrst AM, Gaughan JB (1997) Cattle respiration rate as a function
1150 of ambient temperature. Transactions of American Society of Agricultural
1151 Engineering, 40:97-121

1152 Karvatte Jr N, Klosowski ES, Almeida RG, Mesquita EE, Oliveira CC, Alves FV
1153 (2016) Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated
1154 crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. International Journal of
1155 Biometeorology, 60:1-9

1156 Kastelic JP (2014) Understanding and evaluating bovine
1157 testes, Theriogenology, 81:18-23 doi:10.1016/j.theriogenology.2013.09.001

1158 Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F (2006) World map of the Köppen-
1159 Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, 15:259–263
1160 doi:10.1127/0941-2948/2006/0130

1161 Kunc P, Knížková I, Přikryl M, Maloun J (2007) Infrared thermography as a tool
1162 to study the milking process: a review. Agricultura Tropica et Subtropica, 40:29-
1163 32

1164 Lees AM (2016) Biological Responses of Feedlot Cattle to Heat Load. 259 f.
1165 Tese, School of Agriculture and Food Sciences, University of Queensland

1166 Maffei WE (2009) Reatividade animal. Revista Brasileira de Zootecnia, 38:81–92
1167 doi:10.1590/S1516-35982009001300010

1168 Martello LS, Júnior HS, Silva SL, Titto EAL (2004) Respostas fisiológicas e
1169 produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes.
1170 Revista Brasileira de Zootecnia, 33:181-191 doi:10.1590/S1516-
1171 35982004000100022

McMannus C, Prescott E, Paludo GR, Bianchini E, Louvandini H, Mariante AS (2009) Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. Livestock Science, 120:256-264 doi:10.1016/j.livsci.2008.07.014

Menezes GRO (2017) Sumário de touros Senepol GENEPLUS | EMBRAPA, Uberlandia

Menezes C (2018) Sumário de touros Senepol GENEPLUS | EMBRAPA, Uberlandia

Moraes GP (2012) Puberdade e maturidade sexual de tourinhos Senepol, criados semi-extensivamente na região do Triângulo Mineiro – MG. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Minas Gerais

Mota LS (1997) Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras. 69 f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo

Perissinotto M, Moura DJ, Cruz VF, Souza SRL, Lima KAO, Mendes AS (2009) Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. Ciência Rural, 39:1492-1498 doi:10.1590/S0103-84782009005000094

Pila JC (2011) Avaliação da adaptabilidade de novilhas da raça Senepol ao calor pela análise de suas respostas fisiológicas e características das glândulas sudoríparas. 32 f. Dissertação, UNESP

Pimenta OS (2016) Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor em novilhos Senepol. 60 f. Dissertação, Universidade Federal de Goiás

Romanello N, de Brito Lourenço Junior J, Barioni Junior W, Brandão FZ, Marcondes CR, Pezzopane JRM, de Andrade Pantoja MH, Botta D, Giro A, Moura ABB, do Nascimento Barreto A, Garcia AR (2018) Thermoregulatory responses and reproductive traits in composite beef bulls raised in a tropical climate. International Journal of Biometeorology, 62:1575-1586 doi: 10.1007/s00484-018-1557-8

1201 Schaefer AL, Cook NJ, Church JS, Basarab J, Perry B, Miller C, Tong AKW
1202 (2007) The use of infrared thermography as anearly indicator of bovine
1203 respiratory disease complex in calves. Research in Veterinary Science, 83:376–
1204 384 doi:10.1016/j.rvsc.2007.01.008

1205 Silva AEDF, Dode MAN, Unanian MM (1993) Capacidade reprodutiva do touro
1206 de corte: funções, anormalidades e fatores que a influenciam. EMBRAPA-
1207 CNPCG, Campo Grande

1208 Silva LKX, Sousa JS, Silva AOA, Lourenço Júnior JB, Faturi C, Martorano LG,
1209 Franco IM, Pantoja MHA, Barros DV, Garcia AR (2017) Testicular
1210 thermoregulation, scrotal surface temperature patterns and semen quality of
1211 water buffalo bulls reared in a tropical climate, Andrologia, 50(2):1-10 doi:
1212 10.1111/and.12836

1213 Silva AL, Sato GYP, Bordin RA, Reis HMG (2018) A raça Senepol como opção
1214 para o melhoramento genético em adaptabilidade ao clima tropical, Tekhne e
1215 Logos, 50:16–30

1216 Silva MMD, Buss CE, Faria FJC, Costa DS (2018) Puberdade e maturidade
1217 sexual em touros Senepol. In: 55ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia,
1218 Goiânia

1219 Silva RG, Campos Maia AS (2013) Principles of Animal Biometeorology.
1220 Springer, New York

1221 Siqueira JB, Guimarães JD, Pinho RO (2013) Relação entre perímetro escrotal
1222 e características produtivas e reprodutivas em bovinos de corte: uma revisão.
1223 Revista Brasileira de Reprodução Animal,37:3–13

1224 Smith BP (1993) Tratado de medicina veterinária interna de grandes animais:
1225 moléstias de equinos, bovinos, avinos e caprinos. Manole, São Paulo

1226 Takahashi LS, Biller JD, Takahashi KM (2009) Bioclimatologia Zootécnica.
1227 Jaboticabal, 91 p

1228 Trumbo BA, Wise LM, Hudy M (2012) Influence of protective shielding devices
1229 on recorded air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used
1230 in climate change modeling. National Environment Science, 3(1):42-50

1231 Thom EC (1958) Cooling degress: day air-conditioning, heating and ventilating.
1232 Transaction of the American Society of Heating, Refrigeratin and Air Conditioning
1233 Engineers, 55:65-72

1234 Wildeus S (1993) Age-related changes in scrotal circumference, testis size and
1235 sperm reserves in bulls of the tropically adapted Senepol breed. Animal
1236 Reproductive Science, 32(3-4):185–195 doi:10.1016/0378-4320(93)90090-E

ANEXO I

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFMS

C E R T I F I C A D O

Certificamos que o Protocolo nº 649/2014 da Pesquisadora **Eliane Vianna da Costa e Silva,** referente ao projeto de pesquisa "Aspectos Biológicos, Produtivos e Reprodutivos de Termotolerância em Diferentes Grupamentos Genéticos Bovinos", está de acordo com os princípios éticos adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), com a legislação vigente e demais disposições da ética em investigação que envolvem diretamente os animais e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA/UFMS, em reunião ordinária do dia 15 de dezembro de 2014.

Maria Araújo Teixeira
Coordenadora da CEUA/UFMS

Campo Grande, 15 de dezembro de 2014.

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA
http://www.propp.ufms.br/ceua
ceua.2000@gmail.com
fone (67) 3345-7186

ANEXO II

INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY

FOLHA DE ROSTO

A página de título deve incluir:

- O nome do(s) autor(es)
- Um título conciso e informativo
- A(s) afiliação(ões) do(s) autor(es)
- O endereço de e-mail e o(s) número(s) de telefone do autor correspondente

Resumo

Por favor, forneça um resumo de 150 a 250 palavras. O resumo não deve conter abreviações indefinidas ou referências não especificadas.

Palavras-chave

Por favor, forneça 4 a 6 palavras-chave que podem ser usadas para fins de indexação.

TEXTO

Formatação de texto

- Os manuscritos devem ser enviados no Word.
- Use uma fonte normal e simples (por exemplo, Times Roman de 10 pontos ou Arial de 12 pontos) para o texto.
- Use itálico para ênfase.
- Use a função de numeração automática de páginas para numerar as páginas.
- Use paradas de tabulação ou outros comandos para recuos, não a barra de espaço.
- Use a função de tabela, não planilhas, para criar tabelas.
- Salve seu arquivo no formato docx (Word 2007 ou superior) ou no formato doc (versões mais antigas do Word).

Cabeçalhos

Por favor, não use mais do que três níveis de títulos exibidos.

Abreviaturas

Abreviaturas devem ser definidas na primeira menção e usadas consistentemente a partir de então.

Notas de rodapé

Notas de rodapé podem ser usadas para fornecer informações adicionais, que podem incluir a citação de uma referência incluída na lista de referências. Eles não devem consistir apenas em uma citação de referência e nunca devem incluir os detalhes bibliográficos de uma referência. Eles também não devem conter figuras ou tabelas.

Notas de rodapé para o texto são numeradas consecutivamente; aqueles para tabelas devem ser indicados por letras minúsculas sobrescritas (ou asteriscos para valores de significância e outros dados estatísticos). Notas de rodapé para o título ou os autores do artigo não recebem símbolos de referência.

Sempre use notas de rodapé em vez de notas de fim.

Agradecimentos

Agradecimentos de pessoas, subsídios, fundos, etc. devem ser colocados em uma seção separada na página de título. Os nomes das organizações de financiamento devem ser escritos por extenso.

Anotações importantes:

As linhas devem ser numeradas

Corpo do texto deve ser de 1,5 ou duplo espaçamento

ESTRUTURA

Introdução

A introdução deve indicar o objetivo da investigação e fornecer uma breve e sucinta revisão da literatura pertinente.

Materiais e métodos

Esta seção deve seguir a Introdução e fornecer informações suficientes para permitir a repetição do trabalho experimental.

Resultados

Esta seção deve descrever o resultado do estudo. Os dados devem ser apresentados da forma mais concisa possível, se apropriado na forma de tabelas ou figuras, embora tabelas muito grandes devam ser evitadas.

Discussão

A discussão deve ser uma interpretação dos resultados e sua significância com referência ao trabalho de outros autores.

Conclusões (opcional)

Os autores podem fornecer um breve resumo dos resultados e suas implicações e instruções para pesquisas futuras.

Agradecimentos (opcional)

Estes devem ser tão breves quanto possível. Qualquer concessão que requeira reconhecimento deve ser mencionada. Os nomes das organizações de financiamento devem ser escritos por extenso.

Referências

Estes devem incluir apenas fontes que foram citadas diretamente no manuscrito, e devem ser listadas em ordem alfabética pelo último sobrenome (sobrenome) do primeiro autor. Estes não devem ser numerados. Por favor, veja instruções específicas sobre formatação abaixo.

Citação

Cite referências no texto por nome e ano entre parênteses. Alguns exemplos:

A pesquisa de negociação abrange muitas disciplinas (Thompson, 1990).

Este resultado foi posteriormente contradito por Becker e Seligman (1996).

Este efeito tem sido amplamente estudado (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso e Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Lista de referência

A lista de referências deve incluir apenas trabalhos que são citados no texto e que foram publicados ou aceitos para publicação. Comunicações pessoais e obras inéditas só devem ser mencionadas no texto. Não use notas de rodapé ou notas de fim como substituto de uma lista de referências.

As entradas da lista de referências devem ser alfabetizadas pelos sobrenomes do primeiro autor de cada trabalho. Encomende publicações multi-autor do mesmo primeiro autor alfabeticamente em relação ao segundo, terceiro, etc. autor. Publicações de exatamente o (s) mesmo (s) autor (es) devem ser ordenadas cronologicamente.

Artigo de jornal

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L. (2009) Efeito do treinamento intermitente de alta intensidade na variabilidade da

frequência cardíaca em crianças pré-púberes. Eur J Appl Physiol 105: 731-738. https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8

Idealmente, os nomes de todos os autores devem ser fornecidos, mas o uso de "et al" em longas listas de autores também será aceito:

Smith J, Jr Jones M, Houghton L et al (1999) Futuro do seguro de saúde. N Engl J Med 965: 325-329

Artigo por DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Implicações clínicas da produção desregulada de citocinas. J Mol Med. https://doi.org/10.1007/s001090000086

Livro

South J, Blass B (2001) O futuro da genômica moderna. Blackwell, Londres

Capítulo de livro

Brown B, Aaron M (2001) A política da natureza. In: Smith J (ed) O surgimento da moderna genômica, 3rd edn. Wiley, Nova York, pp 230-257

Documento on-line

Cartwright J (2007) Grandes estrelas têm tempo também. IOP Publishing PhysicsWeb. http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1. Acessado em 26 de junho de 2007

Dissertação

Trent JW (1975) Insuficiência renal aguda experimental. Dissertação, Universidade da Califórnia

Sempre use a abreviação padrão do nome de um periódico de acordo com a lista de abreviações de palavras de título do ISSN, consulte

TABELAS

Todas as tabelas devem ser numeradas usando algarismos arábicos.

As tabelas devem sempre ser citadas em texto em ordem numérica consecutiva.

Para cada tabela, forneça uma legenda da tabela (título) explicando os componentes da tabela.

Identifique qualquer material publicado anteriormente, fornecendo a fonte original na forma de uma referência no final da legenda da tabela.

As notas de rodapé das tabelas devem ser indicadas por letras minúsculas sobrescritas (ou asteriscos para valores de significância e outros dados estatísticos) e incluídas abaixo do corpo da tabela.

ANEXO III

Figura 1 – Coleta seminal. Fonte GERA – MS.

Figura 2 – Área sombreada utilizada durante o Teste de Capacidade Termolítica. Fonte: GERA – MS.

Figura 3 – Área de exposição ao sol utilizada durante o Teste de Capacidade Termolítica. Fonte: GERA – MS.

Figura 5 – Coleta das imagens termográficas Fonte: GERA – MS.

Figura 6 – Abrigo metereológico posicionado à sombra. Fonte: GERA – MS.