

VOLUME II

Coletânea Científica – Artigos Completos

BIOCLIMATOLOGIA e Bem-Estar Animal



Bonifácio Benicio de Souza
Organizador



Bonifácio Benício de Souza

(Organizador)

Maycon Rodrigues da Silva, Fabíola Franklin de Medeiros, Ariádne de Barros Carvalho, Danilo Leite Fernandes, Talícia Maria Alves Benício, Nágela Maria Henrique Mascarenhas, Luanna Figueirêdo Batista, Fábio Santos do Nascimento, José Antônio Pires da Costa Silva, Dermeval Araújo Furtado, Antônio Nélson Lima da Costa, José Valmir Feitosa, Marcus Roberto Goes Ferreira Costa, Claudiney Felipe Almeida Inô, Gustavo de Assis Silva, João Paulo da Silva Pires, João Vinícius Barbosa Roberto, Luiz Henrique de Souza Rodrigues, Patrícia Araújo Brandão

(Coorganizadores)

Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro

Coletânea Científica – Artigos Completos – Volume 2

Editora Científica Semiárido Acadêmico – ECSA

Patos – PB, Brasil – 2025

Copyright © 2025

Editora Científica Semiárido Acadêmico – ECSA

Todos os direitos reservados.

O conteúdo dos artigos é de exclusiva responsabilidade de seus respectivos autores e autoras. É proibida a reprodução total ou parcial desta obra, por qualquer meio ou forma, sem autorização prévia e expressa da editora. Permite-se, contudo, a citação de trechos, desde que devidamente referenciada a fonte original. As opiniões expressas nos capítulos são de responsabilidade de seus autores, não refletindo, necessariamente, a visão institucional da editora.

Editor-Chefe:

Prof. Dr. Bonifácio Benício de Souza

Conselho Editorial:

Membros permanentes da Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA) e pesquisadores colaboradores do grupo “Estudo da Adaptação de Animais de Produção nas Regiões Tropicais” – CNPq/UFCG.

E-mail institucional: editorasemiaridoacademico@gmail.com

Site: www.editorasemiaridoacademico.com

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

S725b Souza, Bonifácio Benício de Bioclimatologia e bem-estar animal no semiárido brasileiro: coletânea científica – artigos completos – Volume 2 / Organização de Bonifácio Benício de Souza. – Patos: Editora Científica Semiárido Acadêmico – ECSA, 2025. 246 p.: il.; 29 cm

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-01-73216-9

1. Bioclimatologia animal. 2. Bem-estar animal. 3. Semiárido brasileiro. 4. Produção animal.
I. Título.

CDU: 636.085:636.09(81)

Editora Científica Semiárido Acadêmico – ECSA
Patos – PB, Brasil – 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), especialmente à Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária e aos Programas de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA) e em Ciência e Saúde Animal (PPGCSA), pelo apoio contínuo às atividades de ensino, pesquisa e extensão que sustentam o desenvolvimento desta coletânea. Ao grupo de pesquisa “Estudo da Adaptação de Animais de Produção nas Regiões Tropicais”, certificado pelo CNPq, pela relevante contribuição ao avanço do conhecimento sobre bioclimatologia e bem-estar animal no semiárido brasileiro.

Estendo meus agradecimentos à equipe técnica e editorial da Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA) e aos coorganizadores deste volume, pelo empenho na revisão, estruturação e padronização dos capítulos, assegurando a qualidade técnica e a uniformidade editorial da obra. Manifesto, ainda, gratidão aos autores, coautores e colaboradores que compartilharam suas pesquisas e experiências, tornando possível a continuidade desta coletânea científica.

Por fim, dedico especial reconhecimento à minha família, pelo incentivo constante e pelo apoio incondicional em todas as etapas desta jornada acadêmica e editorial.

PREFÁCIO

O *Volume 2* da coletânea **Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro** representa a consolidação de um projeto científico que integra conhecimento, experiência e compromisso com o desenvolvimento sustentável das regiões semiáridas. Dando continuidade ao *Volume 1*, publicado em 2025, esta nova edição reúne capítulos elaborados a partir de pesquisas consolidadas em periódicos científicos, ampliadas e revisadas para este formato de livro. O conjunto de textos reflete o esforço coletivo de pesquisadores comprometidos com a melhoria das condições de conforto, produtividade e bem-estar dos animais em sistemas de produção adaptados às altas temperaturas e às variações ambientais típicas do semiárido.

A **Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA)** reafirma, com esta obra, seu propósito institucional de valorizar e divulgar a produção científica regional, assegurando rigor técnico, acessibilidade e ética editorial. Que este volume sirva de inspiração e de base para novos estudos sobre o tema, fortalecendo o elo entre ciência, inovação e sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A bioclimatologia animal tem se consolidado como um dos campos científicos mais relevantes para a compreensão das interações entre o ambiente e os animais de produção. No contexto do semiárido brasileiro, essas interações assumem importância estratégica, visto que o clima é um dos principais fatores limitantes à produtividade e ao bem-estar animal. A presente coletânea, **Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro – Volume 2**, reúne capítulos que abordam diferentes aspectos da adaptação, do desempenho fisiológico e das condições ambientais em sistemas produtivos do semiárido, oferecendo ao leitor uma visão ampla e atualizada das pesquisas desenvolvidas por grupos que atuam na área de bioclimatologia e bem-estar animal, especialmente aquelas vinculadas à **Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)**, por meio dos **Programas de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA)** e em **Ciência e Saúde Animal (PPGCSA)**, em parceria com instituições nacionais e internacionais.

Todos os capítulos que compõem esta obra derivam de artigos científicos previamente publicados, revisados e adaptados para o formato de capítulo de livro, em conformidade com a **Política Ético-Editorial da ECSA 2025**, que assegura a integridade científica e o respeito aos direitos autorais. As referências completas dos artigos originais utilizados nesta coletânea estão reunidas ao final do livro, garantindo a rastreabilidade das fontes e a valorização dos periódicos e autores que contribuíram para a construção deste volume.

Espera-se que esta obra contribua para a ampliação do debate técnico-científico e para o fortalecimento das práticas de manejo sustentável e produtivo nas condições climáticas do Nordeste brasileiro, reafirmando o compromisso coletivo com a ciência aplicada ao desenvolvimento regional.

ORGANIZADOR

Bonifácio Benicio de Souza

Doutor em Zootecnia

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: bonifacio.ufcg@gmail.com

COORGANIZADORES

Maycon Rodrigues da Silva

Doutor em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: mayconrvet@gmail.com

Fabíola Franklin de Medeiros

Doutora em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: vet.fabiolafranklin@gmail.com

Ariádne de Barros Carvalho

Doutora em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: ariadnebarroscarvalho@gmail.com

Danilo Leite Fernandes

Doutor em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Endereço: Rod. CE 292, Km 05, s/n, Sítio Almécegas, Crato – CE, CEP: 63100-000

E-mail: danilofernandes@hotmail.com

Talícia Maria Alves Benício

Doutora em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: taliciabenicio@unitins.br

Nágela Maria Henrique Mascarenhas

Doutora em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Av. Francisco Lopes de Almeida, s/n, Serrotão,
Campina Grande – PB, CEP: 58429-970

E-mail: eng.nagelamaria@gmail.com

Luanna Figueirêdo Batista

Doutora em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Vale do Salgado (UNIVS)

Endereço: Rua Monsenhor Frota, 609, Centro, Icó – CE, CEP: 63430-000

E-mail: luanna_151@hotmail.com

Fábio Santos do Nascimento

Doutor em Zootecnia

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Endereço: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife – PE, CEP: 52171-900

E-mail: fabiosantos.br@hotmail.com

José Antônio Pires da Costa Silva

Mestre em Ciência Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: joseantoniopiresvet@gmail.com

Dermerval Araújo Furtado Doutor em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) **Endereço:** Campina Grande, Paraíba, Brasil

E-mail: dermeval.araujo@professor.ufcg.edu.br

Antônio Nélson Lima da Costa

Professor Associado da Universidade Federal do Cariri – UFCA

Campus Crato - Rua Ícaro de Sousa Moreira, 126, Bairro Muriti- Crato-CE

E-mail: nelson.costa@ufca.edu.br

José Valmir Feitosa

Professor Titular da Universidade Federal do Cariri- UFCA

Campus Crato - Rua Ícaro de Sousa Moreira, 126, Bairro Muriti- Crato-CE

E-mail: valmir.feitosa@ufca.edu.br

Marcus Roberto Goes Ferreira Costa

Professor do Instituto Federal do Ceará – IFCE

Doutor em Zootecnia

Instituição: Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Endereço: Rod. CE 292, Km 05, s/n, Sítio Almécegas, Crato – CE, CEP: 63100-000

E-mail: marcusgoes@ifce.edu.br

Claudiney Felipe Almeida Inô

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: claudiney.felipe@estudante.ufcg.edu.br

Ariádne de Barros Carvalho

Doutora em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: ariadnebarroscarvalho@gmail.com

Gustavo de Assis Silva

Doutor em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: gustavodeassisvet@gmail.com

João Paulo da Silva Pires

Mestre em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: joaopaulopires.vet@gmail.com

João Vinícius Barbosa Roberto

Doutor em Ciência e Saúde Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: joaoviniciusroberto@gmail.com

Luiz Henrique de Souza Rodrigues

Mestrando em Ciência Animal

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: luizhenriquevet@gmail.com

Patrícia Araújo Brandão

Doutora em Zootecnia

Professora Titular - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Endereço: Avenida Universitária, s/n, Santa Cecília, Patos – PB, CEP: 58708-110

E-mail: patricia.brandao@professor.ufcg.edu.br

AUTORES E COAUTORES

Os capítulos que compõem este segundo volume da coletânea *Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro* foram elaborados por pesquisadores de diferentes instituições, vinculados a programas de pós-graduação, grupos de pesquisa e laboratórios dedicados ao estudo da bioclimatologia e do bem-estar animal nas condições climáticas do semiárido brasileiro.

A seguir, apresenta-se a relação completa dos autores e coautores que contribuíram com o conteúdo científico desta obra:

Adriana Trindade Soares, Aline Carla de Medeiros, Amanda Fernanda Silva de Lima, Ariadne de Barros Carvalho, Bernadin Fonrose, Bonifácio Benício de Souza, Claudiney Felipe Almeida Inô, Danilo Leite Fernandes, Derméval Araújo Furtado, Expedito Danúsio de Souza, Fabíola Franklin de Medeiros, Fábio Santos do Nascimento, Francinaldo Nunes Pessoa Filho, Gustavo de Assis Silva, Jefta Ruama de Oliveira Figueiredo, João Paulo da Silva Pires, João Vinícius Barbosa Roberto, José Moraes Pereira Filho, Luanna Figueirêdo Batista, Luiz Henrique de Souza Rodrigues, Maria Araceli Silva de Araújo, Maria Dalva Bezerra de Alcântara, Mariana Ferreira Torres, Mateus Freitas de Souza, Mayara Cândido da Silva Leite, Maycon Rodrigues da Silva, Mirna Isabel Silva de Medeiros, Nágela Maria Henrique Mascarenhas, Natália Ingrid Souto da Silva, Nayanne Lopes Batista Dantas, Norma Lúcia de Souza Araújo, Patrício Borges Maracajá, Rebeca Castelo Branco Brasileiro, Ribamar Veríssimo Macêdo, Rodrigo Formiga Leite, Tayana Adélia Palmeira Gomes Nepomucena, Talícia Maria Alves Benício, Vinícius Pessoa Batista dos Santos.

Este conjunto de pesquisadores representa o esforço coletivo de produção e integração do conhecimento científico sobre adaptação, conforto térmico e bem-estar de animais de produção nas condições do semiárido brasileiro, consolidando a continuidade desta coletânea científica publicada pela Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA).

SUMÁRIO

Capítulo I

Influência dos elementos climáticos na produção animal nos trópicos.....13

Capítulo II

Efeitos do estresse térmico nos parâmetros
fisiológicos, produtivos, reprodutivos e hormonais de caprinos.....33

Capítulo III

Efeito do estresse por calor sobre a reprodução Animal nos trópicos.....42

Capítulo IV

Uso de índices ambientais e de conforto térmico na
avaliação da termorregulação de ovinos em regiões tropicais.....50

Capítulo V

Variação nas condições climáticas em diferentes
regiões do Estado da Paraíba no período de 2009 a 2018.....63

Capítulo VI

Perfil climático e seu impacto no bem-estar animal na microrregião de Patos – PB.....73

Capítulo VII

Análise climática da região de origem da raça
morada nova e seus efeitos na adaptação e no bem-estar animal.....81

Capítulo VIII

Avaliação da adaptação de diferentes grupos
genéticos de ovinos deslanados no semiárido brasileiro.....90

Capítulo IX

Respostas fisiológicas de caprinos nativos em
ambientes de sol e sombra no semiárido brasileiro.....103

Capítulo X

Respostas fisiológicas e reprodutivas de caprinos
British Alpine nos períodos seco e chuvoso no semiárido paraibano.....110

Capítulo XI

Índice de temperatura do globo negro e umidade
(ITGU) na avaliação da tolerância de caprinos ao calor.....130

CAPÍTULO I

Influência dos elementos climáticos na produção animal nos trópicos *Influence of climatic elements on animal production in the tropics*

Autores e afiliações

Ariádne de Barros Carvalho¹, Jefta Ruama de Oliveira Figueiredo¹,
Natália Ingrid Souto da Silva¹, Rodrigo Formiga Leite¹,
Talícia Maria Alves Benício², Maycon Rodrigues da Silva³,
Bonifácio Benício de Souza^{1*}

¹ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

² Universidade Estadual do Tocantins – UNITINS, Tocantins, Brasil.

³ Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.souza@ufcg.edu.br

Resumo

O objetivo desta revisão foi avaliar por meio de trabalhos de pesquisa encontrados na literatura, a influência dos elementos climáticos sobre animais de produção em climas tropicais. Foram estudados os efeitos e a influência dos fatores e elementos climáticos sobre o comportamento fisiológico, parâmetros hematológicos ganho de peso, perfil hormonal tireoidiano, eletrólitos e produção de leite em clima tropical. Os elementos climáticos interferem significativamente nos parâmetros produtivos, reprodutivos e adaptativos dos animais criados no semiárido brasileiro. Concluiendo-se com este estudo que é preciso fazer o uso de técnicas que reduzam o impacto das intempéries climáticas para que os animais possam expressar o seu potencial produtivo. Ademais, vale ressaltar, que não basta incidir sobre os fatores ambientais, pois estes não são os únicos a contribuírem com o processo de produção de carne, leite, pele ou lã. É preciso atentar para os fatores nutricionais, sanitários e de manejo de cada espécie criada.

Palavras-chave - Zootecnia, Veterinária, Bioclimatologia, respostas fisiológicas.

Abstract

The objective of this review was to evaluate, through research works found in the literature, the influence of climatic elements on production animals in tropical climates. The effects and influence of climatic factors and elements on physiological behavior, hematological parameters, weight gain, thyroid hormone profile, electrolytes and milk production in a tropical climate were studied. Climatic elements significantly interfere with the productive, reproductive and adaptive parameters of animals raised in the Brazilian semi-arid region. Concluding with this study, it is necessary to use techniques that reduce the impact of bad weather so that animals can express their productive potential. Furthermore, it is worth mentioning that it is not enough to focus on environmental factors, as these are not the only ones that contribute to the process of producing meat, milk, skin or wool. It is necessary to pay attention to the nutritional, health and management factors of each species created.

Keywords - Animal Science. Veterinary. Bioclimatology. Physiological Responses.

1. Introdução

O Brasil, país de clima tropical, com imensa área territorial, tem sido visto como uma das maiores potências produtoras de alimentos para a humanidade. Com uma grande produção animal e potencial ainda maior de crescimento, o país tem ampliado suas fronteiras mercadológicas com os avanços tecnológicos que transformam a produção animal e de derivados animais em um grande empreendimento econômico provedor de proteína animal para a população (YANAGI JÚNIOR, 2006). Entretanto, para se obter êxito é preciso estar atento a requisitos mínimos que garantam o sucesso na atividade, como animais especializados, bom manejo nutricional, reprodutivo, sanitário e principalmente, o fornecimento de condições adequadas de conforto térmico (SILVA et al., 2010).

Os elementos climáticos possuem efeitos diretos e indiretos na produção de animais em clima tropical, podendo prejudicar o seu bem-estar e ao mesmo tempo reduzir a lucratividade dos criadores. Dentre as informações climáticas mais importantes para a produção animal, pode-se destacar a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, radiação solar e precipitação. Condições inadequadas à produção causam redução no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Nesta óptica, faz-se necessário o conhecimento de tais elementos e sua influência nas respostas fisiológicas e comportamentais dos animais.

Em regiões de climas quentes, assim como no nordeste brasileiro, onde durante boa parte do ano a temperatura do ar, juntamente com outros elementos ambientais, pode provocar estresse nos animais, um dos principais desafios é a redução dos efeitos climáticos sobre a produção animal, diminuindo o estresse por calor por meio de tecnologias que visem proporcionar conforto térmico aos animais. Diante deste cenário, diversos estudos já foram desenvolvidos visando a caracterização dos efeitos das condições climáticas sobre os animais, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. Desta forma, faz-se necessário o conhecimento sobre os avanços tecnológicos na bioclimatologia animal, correlacionados ao bem-estar e ao clima. O objetivo desta revisão foi avaliar por meio de trabalhos de pesquisa encontrados na literatura, a influência dos elementos climáticos sobre animais de produção em climas tropicais.

2. Material e Métodos

Este capítulo consiste em uma **revisão narrativa da literatura**, com enfoque descritivo e qualitativo, elaborada a partir da análise de estudos científicos publicados sobre a influência dos elementos climáticos na produção animal em regiões tropicais e semiáridas.

A busca bibliográfica foi realizada entre os meses de **janeiro e março de 2023** nas bases de dados *SciELO*, *ScienceDirect*, *Scopus*, *PubMed* e *Google Acadêmico*, utilizando os descriptores: *bioclimatologia animal, estresse térmico, produção animal em clima tropical, respostas fisiológicas e adaptação de ruminantes*.

Foram incluídos **artigos científicos, dissertações e teses** publicadas entre **1997 e 2023**, em português, inglês e espanhol, que abordassem aspectos fisiológicos, hematológicos, produtivos, reprodutivos e endócrinos de animais de produção sob condições de clima tropical ou semiárido.

Foram excluídos estudos incompletos, relatos de caso isolados e publicações sem dados primários ou revisão sistemática.

Após a triagem, **mais de 80 referências** foram analisadas criticamente, sendo as mais relevantes utilizadas na composição dos resultados e discussão.

Os resultados obtidos a partir da análise das publicações selecionadas são apresentados e discutidos a seguir.

3. Resultados e Discussão

3.1. Efeitos dos elementos climáticos sobre o comportamento fisiológico

De acordo com Perissinotto et al. (2009), a capacidade de tolerância dos animais ao estresse térmico tem sido avaliada por meio da observação de alguns parâmetros fisiológicos, como a temperatura retal e a frequência respiratória. Esses parâmetros podem ser influenciados tanto por fatores intrínsecos como: idade, raça, estado fisiológico; quanto por fatores extrínsecos: hora do dia, ingestão de alimentos e de água, temperatura ambiente, velocidade do vento e estação do ano.

Silva et al., (2013b) avaliando o efeito da época do ano e período do dia sobre os parâmetros fisiológicos de matrizes ovinas da raça Morada Nova, na microrregião do Alto Médio Guruguéia, Bom Jesus, Piauí, Brasil; encontraram valores de temperatura do ar, umidade relativa e ITGU mais elevados na época quente e seca quando comparada a estação amena e úmida, estando o ITGU da época quente (79,24) fora da zona de conforto térmico, os animais apresentaram progressivo aumento da frequência respiratória nas duas estações, atribuído a alta incidência da radiação solar, maiores valores de frequência cardíaca foram observados na época quente e a temperatura retal apresentou maiores valores em ambas épocas entre 17 e 18h indicando haver um efeito retardado das variáveis climáticas sobre a temperatura retal.

Em concordância, Silva et al. (2013) avaliando a influência do período do ano e horário do dia sobre os parâmetros fisiológicos de ovelhas Santa Inês na microrregião do Alto Médio Guruguéia, Bom Jesus –PI. Os parâmetros fisiológicos diferiram entre período do ano e horário do dia, com utilização em maior intensidade, para todas as variáveis, no período quente e seco durante a tarde, principalmente às 17-18 h, provavelmente devido ao aumento da temperatura ambiente.

Silva et al. (2013), avaliando a influência das condições climáticas sobre as variáveis fisiológicas e o ganho de peso médio diário de cordeiros da raça Santa Inês no período de transição seca/água em Bom Jesus – PI, concluíram que a temperatura retal dos cordeiros sofreu influência da temperatura do ar, mais alta no período da tarde, mas, manteve-se dentro da normalidade; a frequência respiratória, nesse período, mostrou-se acima do normal descrito para a espécie ovina.

Leitão et al. (2013) avaliando o conforto térmico de ovinos das raças Santa Inês, Dorper e Sem Raça Definida - SRD, criados a céu aberto no município de Juazeiro, no Norte da Bahia, encontrou resultados que mostram que para as condições climáticas da Região Norte da Bahia, na primavera e no verão, os ovinos criados a céu aberto, independentemente de sua raça e cor da pelagem, são submetidos ao desconforto e estresse térmico elevado devido à alta carga térmica radiante resultante da grande incidência de radiação solar e as elevadas temperaturas.

Silva et al. (2013) pesquisando a perda de calor por evaporação cutânea e respostas fisiológicas de cabras Canindé em ambiente equatorial semiárido, concluíram que sob Temperatura do ar média de 32,8 °C, a Temperatura retal média elevou-se a 39,67 °C e a Temperatura superficial média atingiu 41,69 °C, além de aumento da frequência respiratória, que atingiu uma média de 99,48 resp/min.

Lucena et al. (2013) analisando as respostas fisiológicas de duas raças de caprinos nativos do semiárido brasileiro submetidos a ambiente com temperatura e umidade relativa controladas; Na temperatura entre 20,6 e 27,8 °C a média da frequência respiratória (25,7 mov/min) e frequência cardíaca (76,7 mov/min) dos animais ficaram dentro da normalidade, sendo que a 31,6 °C ocorreu elevação da frequência respiratória (134,5 mov/min) e da frequência cardíaca (104,3 mov/min). A temperatura retal foi semelhante em todas as temperaturas com média de 39,5 °C, dentro da faixa de normalidade para a espécie. A temperatura superficial elevou-se com o aumento da temperatura ambiente. A faixa de temperatura de 20,6 a 27,8 °C pode ser considerada a zona de conforto térmico para caprinos nativos Moxotó e Canindé.

Barnabé et al. (2015) caracterizaram os efeitos do ambiente térmico nos índices de conforto, respostas fisiológicas e no desempenho de bezerras Girolando, alojadas em abrigos individuais cobertos com diferentes materiais na Mesorregião Agreste e Microrregião do Vale do Ipojuca, estado de Pernambuco. Foram utilizados três tipos de cobertura para os abrigos individuais: palha de palmeira *Syagrus olearacea*, telha reciclada de 4 mm de espessura composta por 75% de polietileno e 25% de alumínio e telha de fibrocimento de 4 mm de espessura. Para as variáveis fisiológicas, independentemente dos tipos de cobertura utilizados nos abrigos individuais, a frequência respiratória esteve acima da faixa normal para bovinos naquela idade o que sinalizou que os mesmos estavam submetidos a estresse térmico, porém referido mecanismo foi capaz de manter a temperatura retal dentro dos limites normais.

Araujo et al. (2016) verificando a adaptabilidade de bezerros mestiços (Holandês x Gir) criados a campo e nas instalações cobertas com telhas de barro tipo colonial, em Bom Jesus- PI, em condições ambientais consideradas estressantes em ambas situações, os autores verificaram que as temperaturas retal e superficial não apresentaram diferença significativa. Já a frequência respiratória foi maior nos animais a campo, apresentando média de 55,88 mov/min; para a frequência cardíaca encontraram médias de 92,19 e 86,25 bat/min, respectivamente. Tais resultados indicam que as instalações sombreadas para bezerros influenciaram positivamente no desempenho da perda de calor, conferindo valores mais próximos da zona de conforto.

3.2. Influência sobre parâmetros hematológicos

De acordo com Paes et al. (2000), os parâmetros sanguíneos têm sido utilizados mundialmente para avaliar o estado de saúde dos animais e como indicadores de estresse calórico. Pesquisadores entraram em acordo a respeito de haver fatores extrínsecos (ambientais, climáticos, nutricionais e de manejo diferenciado) que podem causar alterações qualitativas e efeitos quantitativos no perfil sanguíneo dos ruminantes (MENEGHINI et al., 2016).

Animais criados sob diferentes condições climáticas e de manejo podem apresentar evidentes variações dos elementos constituintes do hemograma. Assim, os valores obtidos para animais criados em uma determinada região, não podem ser considerados sem uma adequada avaliação, como padrão de referência fora dessa região (BIRGEL JÚNIOR, 2001).

Silva e colaboradores no ano de 2005, avaliando efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça sindi no semi-árido concluíram que esses animais apresentam alta capacidade fisiológica para manter a homeotermia em ambiente quente, e que animais machos ou fêmeas, com idade entre um e dois anos, podem ser usados para os estudos bioclimatológicos, pois os mesmos não apresentam diferenças nas respostas fisiológicas e hematológicas estudadas.

Em contrapartida, utilizando bovinos da raça Sindi, no semiárido da PB, Souza et al. (2007) verificaram diminuições nos eritrócitos, hemoglobina, hematócrito e volume corpuscular média, na estação seca, quando normalmente ocorre redução quantitativa e qualitativa dos recursos alimentares.

Ferreira et al. (2009), ao avaliarem bovinos durante seis horas em câmara climática, submetidos à condições de estresse calórico (42°C e 60% de umidade relativa), observou um aumento do número de eritrócitos, concentração de hemoglobina, hematócrito, proteínas totais, ureia, creatinina, sódio, potássio, cloretos e cortisol, cuja elevação de todas essas variáveis foi mais acentuada no verão. Esses resultados demonstraram a importância desses parâmetros como indicadores do estresse calórico em bovinos, pois as respostas hematológicas e bioquímicas apresentadas indicaram possíveis falhas na manutenção da homeostasia do animal na condição climática imposta.

Bezerra et al. (2008) estudaram o perfil hematológico de cabras sem raça definida, mantidas sob as mesmas condições de manejo e ambientais, criadas na região do Cariri paraibano e verificaram que o estresse causado por calor de longa duração pode diminuir o número de eritrócitos e o volume globular, provocando uma hemoconcentração em função da redução da ingestão de água e alimentos, influenciando diretamente nos índices hematimétricos absolutos.

Souza et al. (2015) afirmam que elementos e fatores climáticos podem alterar o hemograma de caprinos, com base em seu estudo realizado com cabras Saanen e mestiças com Anglo Nubiana durante o período chuvoso e o período seco, que apresentaram alteração no leucograma, onde leucócitos e linfócitos foram maiores em cabras mestiças nas duas épocas. E nos dois genótipos, os leucócitos e linfócitos foram maiores na época seca e os neutrófilos segmentados maiores na época chuvosa. Em relação aos períodos, houve um impacto negativo nos parâmetros hematológicos durante o período de chuvas, onde as hemácias foram maiores nos dois genótipos.

3.3. Efeitos sobre ganho de peso e desempenho produtivo

Os elementos climáticos são fatores ambientais marcantes, pois impõem a necessidade de termorregular e podem reduzir o consumo voluntário e, com isso, o desempenho (BROUCEK

et al., 2009). Alterações na produtividade pelo efeito do estresse calórico normalmente estão associadas ao baixo consumo de alimentos pelos animais e são seguidas pela diminuição da atividade enzimática oxidativa, da taxa metabólica e da alteração da concentração de vários hormônios (PEREIRA et al., 2008).

É comum observar redução no consumo de matéria seca (CMS) quando a temperatura ambiente excede 25,5°C e, de forma geral, a redução no consumo é maior para alimentos volumosos que para alimentos concentrados. Acredita-se que esta resposta seja uniforme entre os ruminantes, visto que o metabolismo das forragens gera mais calor, agravando problemas com estresse mais rapidamente (GONÇALVES et al., 2013). Segundo Medeiros (1997), o estresse calórico influencia negativamente o ganho de peso da seguinte forma: o efeito catabólico e a gliconeogênese, estimulados pelos glicocorticosteróides endógenos, liberados em situações de estresse, levam a perda de peso pelos animais, pois tecidos musculares ou gordurosos são transformados em glicose para produção de energia. O autor cita ainda que ocorre também, um efeito catabólico sobre os tecidos conjuntivos e ósseos e órgãos linfáticos, resultando em balanço negativo de nitrogênio no organismo. Com isso, ao invés de formação de deposição de músculo ou mesmo reposição de tecido, a síntese de proteínas e lipídeos fica comprometida, ocasionando a degradação de açúcares, resultando em inibição do crescimento.

O mesmo acontece na produção de aves; quando em situação de estresse térmico, a ingestão de alimento sofre redução e com isso a ingestão de proteína também é reduzida. Assim, alguns autores sugerem reduzir a concentração de proteína na dieta e introduzir alguns aminoácidos sintéticos, que serão mais facilmente aproveitados pelos animais (OLIVEIRA et al., 2010).

O uso de ferramentas que ajudem a minimizar o estresse térmico dos animais traz inúmeros benefícios. Um estudo realizado por Esquivel (2007) demonstrou que os animais que tiveram acesso a sombra registraram um ganho de peso de 14% a mais de que animais que não tiveram acesso. Resultado positivo também foi encontrado por Lopes (2009), utilizando animais da raça Nelore, onde observou que o acesso à sombra favoreceu um melhor ganho de peso aos 77 dias e maior rendimento de carcaça aos 118 dias de confinamento.

Outra estratégia é a utilização de animais adaptados, que sejam capazes de lançar mão de mecanismos adaptativos a fim de manter a homeotermia, sem reduzir o desempenho. No semiárido brasileiro é comum que, nos horários mais quentes do dia, a temperatura permaneça acima da zona de conforto térmico para caprinos; todavia, caprinos das raças nativas têm expressado bom desempenho produtivo e reprodutivo, devido ao processo adaptativo à região semiárida, desenvolvido ao longo de sua formação, mesmo em condições consideradas acima da zona de conforto (MARTINS JÚNIOR et al., 2007; GOMES et al., 2008; SILVA et al., 2010).

Mesmo se tratando de animais de alta rusticidade, vários fatores podem interferir no desempenho dos caprinos destacando-se, entre eles, os elementos climáticos, como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar, que acarretam alterações nos parâmetros fisiológicos, como na frequência cardíaca, que pode ser utilizada como medida de adaptabilidade da espécie, além da temperatura retal e frequência respiratória (SILVA et al., 2010).

Leite et al. (2012), em experimento realizado com caprinos nativos: Moxotó, Azul e Graúna na região do Cariri paraibano, todos machos não castrados, a raça Graúna apresentou maior ganho de peso diário (64,1g) e maior ganho de peso do período (4,9 kg), e os animais Graúna foram os que mais consumiram, seguidos do Moxotó e Azul. Os animais da raça Graúna apresentam

maior ganho de peso diário e maior ganho de peso do período experimental, quando comparados com os das outras raças estudadas.

Em experimentos, Malafaia et al. (2004) utilizando dois níveis de suplementação mineral na alimentação de caprinos 3/4 Boer-Saanen, não observaram diferença significativa entre os tratamentos, com média de ganho de peso diário de 53,2 g. Referidos resultados ficaram aquém dos encontrados por Dias et al. (2010) que, trabalhando com cabritos mestiços Anglonubiano no nordeste brasileiro, com peso vivo médio de 20 kg, utilizando farelo grosso de trigo em substituição ao milho na dieta dos animais, constataram uma média de ganho de peso diário de 106,5 g. Silva e Araújo (2000) também encontraram, com caprinos mestiços de Pardo Alpino, Anglonubiano e Moxotó, no semiárido nordestino uma média geral de ganho de peso diário de 133 g.

Neiva et al. (2004) avaliaram a influência do estresse ambiental sobre o desempenho produtivo e as respostas fisiológicas de ovinos da raça Santa Inês em confinamento, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado onde o consumo de matéria seca, expresso em g/animal/dia foi maior para os animais mantidos à sombra. Os animais mostraram-se sensíveis ao estresse ambiental, uma vez que apresentaram menor desempenho produtivo quando mantidos ao sol, não atingindo o ganho de peso máximo, mesmo se alimentados com dietas com alta concentração de nutrientes.

Os maiores ganhos de peso foram obtidos com animais alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e mantidos à sombra (247 g/dia), concluindo que animais de raças nativas, como a Santa Inês, necessitam de um mínimo de conforto ambiental para maximização da produção e que os mesmos tendem a corrigir o consumo de matéria seca, e há uma possibilidade de o estresse ambiental sofrido por animais expostos ao sol provocar alteração na seletividade do alimento e, dessa forma, impedir que selezionem uma dieta de melhor qualidade (NEIVA et al., 2004).

O desempenho das características de crescimento e reprodutivas na bovinocultura de corte sofrem influências ambientais (FIALHO et al., 2015); e a bovinocultura leiteira se depara com desafios que impedem o expressivo aumento de produtividade, tais como a alta temperatura e a alta umidade, fatos típicos do clima brasileiro, que apresentam influência significativa no desenvolvimento, na produção e na reprodução dos animais (VASCONCELOS e DEMETRIO, 2011).

De acordo com Stull e Reynolds (2008) a temperatura máxima ideal de conforto térmico para bezerros é de 25°C. Isto é, caso a temperatura esteja acima do estabelecido ao conforto, o bezerro não dissipar o calor metabólico suficiente para manter a homeostase, o que acarreta na diminuição da ingestão de alimento, e proporciona menor ganho de peso diário (NĚMEČKOVÁ et al., 2013).

Baeta e Souza, 2010 estabeleceram para uma zona de conforto térmico para bovinos indianos uma faixa de 16 a 28 °C. A criação de animais dentro da zona de conforto térmico é imprescindível na produção animal, já que eles têm gasto mínimo de energia para manutenção, maximizando o crescimento e, em consequência, a produção.

Furtado et al. 2012 analisando os parâmetros produtivos, ganho de peso total, ganho de peso diário e o consumo de matéria seca (MS), observaram efeito significativo no ganho de peso total e ganho de peso médio diário dos animais Sindi e Guzerá, com maior ganho de peso nos animais da raça Guzerá. O consumo de fibra pela raça Sindi foi maior que o consumido pelos animais Guzerá que podem ser atribuídos à sua menor ingestão de fibra em detergente neutro

(FDN), haja vista que a ingestão voluntária de matéria seca é relacionada ao conteúdo de FDN do alimento e da dieta, cuja fermentação e passagem de FDN pelo retículo-rúmen, são mais lentas que outros constituintes dietéticos, exercendo grande efeito no enchimento e sobre o tempo de permanência, comparado aos componentes não fibrosos do alimento (BARBOSA et al., 2006).

Segundo Jorge et al. (2007) os animais Sindi são menores e mais leves que os da raça Guzerá, porém a raça possui circunferência torácica maior e esta variável permite que o animal possa aumentar seu consumo, embora não aumente seu desempenho. O consumo de MS é uma variável complexa, passível de ser afetada por fatores relativos ao animal, ao alimento, à alimentação e às condições climáticas, que interagem e passam a ser determinantes (COSTA et al., 2005).

3.4. Efeitos sobre a produção de leite

O estresse térmico afeta negativamente vários aspectos da produção leiteira, atuando na diminuição da produção de leite e nas perdas reprodutivas, além de propiciar impactos significativos no potencial econômico das fazendas produtoras de leite (BILBY et al., 2009).

Conforme Ferro (2011), fatores ambientais, tais como temperatura e umidade relativa do ar, quando se encontram abaixo ou acima dos seus valores de referência, podem prejudicar o conforto térmico do animal; resultar em perdas energéticas, provocando estresse ao animal e em queda de produção, entre outros fatores. A produção animal nos trópicos é limitada principalmente pelo estresse calórico que impossibilita a expressão da máxima capacidade produtiva de vacas selecionadas para maior produção de leite por serem, majoritariamente, oriundas de países de clima temperado (DE SOUZA, 2015).

Submetidos à ambientes onde as condições climáticas não são apropriadas, os animais acionam o seu sistema termorregulador para manter sua temperatura corporal, buscando perder ou ganhar calor. Em função disto, há um significativo gasto de energia e, esta, que antes era convertida em produção acaba sendo perdida na tentativa de manter a homeostase do organismo (TOSSETO et al., 2014). Animais de produção leiteira superior são mais susceptíveis ao estresse térmico, por possuírem uma função especializada para produção de leite e alta eficiência na utilização dos alimentos, assim os animais de alta produção apresentam metabolismo acelerado e alta produção de calor metabólico, dificultando ainda mais a dissipação de calor (CRUZ et al., 2011).

O estresse calórico pode influenciar na perda de 17% da produção de leite de vacas de 15 kg de leite/dia e de 22% em vacas de 40 kg/dia (PINARELLI, 2003). Ademais, há redução no consumo de alimentos, redução na produção e porcentagem de gordura no leite, redução no consumo de forragem como porcentagem do total de alimento, quando oferecida separadamente, aumento das necessidades de manutenção, diminuição da atividade, especialmente durante o dia, aumento da frequência respiratória e hipertermia (BACCARI JÚNIOR, 2001). Além disso, ocorre uma interfere na liberação de hormônios importantes para a secreção láctea (MEDEIROS, 1997). Um exemplo é a liberação de hormônios tireoidianos, como a tiroxina, que tem papel importante em fêmeas em lactação, contudo, em situações de estresse térmico, ocorre uma redução na função da glândula tireoide, interferindo diretamente na produção de leite (COSTA et al., 2015).

Campos et al. (2008) observaram uma redução da produção de leite quando os animais foram submetidos à temperatura de 32°C e a umidade relativa (UR) variando de 20% para 45%, onde o gradiente de 25% na umidade inibiu o resfriamento evaporativo em bovinos,

resultando no aumento da temperatura retal, provocando diminuição no consumo de alimento e queda na produção de leite.

A exposição direta dos animais à radiação solar desencadeia alterações nos parâmetros fisiológicos e ocasionando estresse por calor. Com base nessa premissa, Silva et al (2012) avaliaram vacas mestiças (Holandês x Gir) submetidas a três períodos distintos de exposição à radiação solar e quais efeitos na produção de leite isso poderia acarretar. Os autores concluíram que as vacas que permanecem sob exposição solar direta reduziram a produção diária de leite.

Em contraproposta, Almeida et al. (2013) avaliaram os efeitos do sistema de resfriamento evaporativo no curral de espera incidindo nas variáveis meteorológicas de temperatura e umidade relativa do ar, comportamento animal, produção e aspectos qualitativos do leite de vacas Girolando, e chegaram a conclusão que o tempo de 30 min de exposição proporcionou aumento na produção de leite em relação aos animais controle (sem uso do sistema).

Os teores dos sólidos totais do leite sofrem variações ao longo do ano, apresentando maiores produções na época fria e menores produções em épocas quentes. Os teores de gordura do leite são reduzidos quando as vacas sofrem de estresse térmico pelo calor, pela diminuição dos ácidos graxos de cadeia curta, que correspondem à maior quantidade de ácidos graxos do leite, e aumento dos ácidos graxos de cadeia longa, que pode ser explicado pelo menor consumo de forragem pelas vacas em lactação, diminuindo a quantidade de volumoso ingerido, produzindo menor quantidade de ácido acético e ocasionando alterações na relação acetato:propionato (PORCIANATO et al., 2009; SILVA et al., 2012).

Pinarelli (2003) verificou-se que vacas submetidas em baixa temperatura o leite apresentou uma melhor composição nos teores analisados quando comparados a média e alta temperatura, que pode ser explicado pela menor ingestão de matéria seca com o aumento da temperatura ambiente.

Quanto a produção e composição físico-química do leite de cabras, Brasil et al. (2000) trabalhando com cabras da raça Alpina com produção média de leite de 2,5 kg/dia, submetidas à termoneutralidade ou estresse térmico por 56 dias em câmara climática, verificaram que as cabras acondicionadas sobre estresse calórico apresentaram aumento da frequência respiratória, aumento da temperatura retal e aumento na taxa de sudorese. Estas alterações promoveram redução da ingestão de alimentos, perda de peso e duplicação do consumo de água que refletiram de forma negativa sobre a produção de leite e os teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais. Em se tratando de animais de aptidão leiteira, a produção de calor pelo organismo tende a ser maior que em animais produtores de carne, devido à intensa síntese do leite (BERBIGIER, 1988).

Em ambientes de temperatura elevada, quando a termogênese é maior que a termólise pelos animais, todas as fontes que geram calor endógeno são inibidas, principalmente o consumo de alimento e o metabolismo (SOUZA et al., 2008). A redução na ingestão de alimentos diminui os nutrientes e energia líquida disponível para produção de leite (BRASIL et al., 2000).

Para reduzir o estresse térmico por calor e melhorar a produtividade dos animais, a utilização correta de instalações e equipamentos, como ventiladores e aspersores pode ser uma estratégia viável (MARCHETO et al., 2002). Outra estratégia seria realizar o cruzamento entre animais de raças leiteiras europeias com bovinos indianos, animais adaptados ou tolerantes às condições encontradas nas regiões quentes, para aumentar o potencial de produção leiteira nos trópicos (WEST, 2003). A maior resistência dos zebuínos ao calor deve-se as suas características

anatomofisiológicas de adaptação aos trópicos, especialmente, a maior capacidade de sudorese, enquanto os europeus são mais produtivos apenas em ambientes de clima temperado. Assim, ao longo de décadas, os criadores brasileiros têm combinado as características desejáveis das raças bovinas europeias e zebuínas pela produção de animais mestiços, geralmente utilizando as raças Holandesa e Gir (AZEVEDO et al., 2005).

3.5. Efeitos sobre a reprodução

A perpetuação da espécie constitui um dos objetivos essenciais da vida animal e os fenômenos reprodutivos se desenvolvem sob influência direta do meio ambiente (GRUNERT et al. 2005).

O fotoperíodo, a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica e a disponibilidade de alimentos são os principais fatores que interferem na reprodução dos animais. Entretanto, em condições tropicais, a fisiologia reprodutiva de fêmeas é mais influenciada pela alimentação e temperatura ambiental (SOUZA et al. 2012).

O estresse térmico pode provocar vários efeitos na maioria dos aspectos da função reprodutiva de machos e fêmeas, como disfunção na formação e função dos gametas, alteração no desenvolvimento embrionário e influências deletérias sobre o crescimento e desenvolvimento fetal (HANSEN, 2009)

A espermatogênese é iniciada com a secreção de GnRH (*Gonadotropin-Releasing Hormone*) no hipotálamo, que estimula a pituitária anterior a produzir LH (*Luteinizing Hormone*) e FSH (*Follicle Stimulating Hormone*). Estes hormônios atuam sobre as células de Leydig e Sertoli, respectivamente, que estão nos testículos. As células de Leydig produzem testosterona que estimula a espermatogênese nas células de Sertoli. A testosterona age em mecanismo de *feedback* negativo sobre o hipotálamo para controlar a secreção de GnRH. As células de Sertoli, além de promoverem a espermatogênese, também secretam a inibina, a qual atua na pituitária anterior, reduzindo a liberação de FSH e controlando a espermatogênese (Ball & Peters, 2006).

Temperaturas ambientais elevadas levam à degeneração testicular e reduzem a quantidade de espermatozoides normais e férteis no sêmen ejaculado, levando a problemas de fertilidade não por mortalidade embrionária mas por problemas de fertilização (JAINUDEEN & HAFEZ, 2004).

O estresse térmico é prejudicial tanto às etapas da espermatogênese quanto aos elementos já formados e em trânsito pelo epidídimo (Souza et al. 2012). Alterações como cabeças destacadas dos espermatozoides, defeitos de acrossoma, caudas enroladas, espermatozoides imaturos e presença de *gota proximal* na junção entre a cabeça e a peça intermediária do espermatozóide podem ser encontradas (Ball & Peters, 2004). Além da diminuição na produção e qualidade espermática pode ocorrer degeneração do epitélio seminífero com degeneração testicular, com um a dois anos de evolução, que pode evoluir para fibrose testicular e, consequentemente, esterelidade (GRUNERT et al. 2005).

Existem relatos sobre a influência do estresse térmico sobre a concentração de testosterona circulante mas há divergência entre as opiniões de alguns autores (Souza et al. 2012).

Fêmeas prenhas de machos submetidos a estresse térmico escrotal conceberam fetos menores e com placenta menos desenvolvidas (HANSEN, 2009).

Uma particularidade em caprinos é a bipartição escrotal que aumenta a superfície escrotal possibilitando uma maior troca de calor com o meio melhorando o controle termorregulatório intratesticular (SOUZA et al. 2012).

O ciclo estral na fêmea se inicia com a produção de GnRH pelo hipotálamo que irá atuar sobre a hipófise anterior liberando FSH. Este hormônio promove a maturação folicular e estimula o óocito dentro deste a se desenvolver. O folículo em desenvolvimento produz estrógeno que induz o comportamento de estro, atua no trato reprodutivo causando edema e recrutando leucócitos para combater infecções, e retorna ao hipotálamo induzindo mais liberação de GnRH para a pituitária. Esse processo induz a liberação de LH que promove a ovulação. Caso haja fecundação, o folículo se torna corpo lúteo que secreta progesterona para manter a gestação. Não havendo fecundação, o útero produz prostaglandina que destrói o corpo lúteo e reinicia um novo ciclo estral (BALL & PETERS, 2006).

O estresse térmico pode interromper o desenvolvimento folicular e a função do óocito reduzindo a fertilidade da fêmea. Essa redução é causada pelo colapso dos mecanismos termorregulatórios onde a hipertermia altera e inviabiliza as funções celulares de várias partes do sistema reprodutivo (Hansen, 2009; Souza et al. 2012).

Fatores climáticos adversos, relacionados ao estresse térmico, aumentam a liberação de cortisol que antagoniza o GnRH provocando alterações em toda a cascata de eventos hormonais que culminam na ovulogênese, desde a manifestação de estro até a fecundação (NASCIMENTO et al. 2014).

Alterações no equilíbrio endócrino-reprodutivo repercutem sobre a ocorrência de cios e ovulações, aumentam o anestro pós-parto e aumentam a taxa de morte e absorção embrionária (Grunert et al. 2005; Costa et al. 2015).

Animais em estágio de gestação avançada podem abortar em condições de estresse térmico em virtude do antagonismo produzido entre o cortisol e a progesterona (ANDRADE & JERICÓ, 2002).

3.6. Alterações hormonais e metabólicas

Estresse térmico sobre o perfil hormonal tireoidiano

O sistema endócrino coordena diversas funções de vários órgãos dos animais visando manter o equilíbrio fisiológico corporal (BLOOD & STUDDERT, 2002).

A glândula tireóide desempenha um importante papel na manutenção das funções vitais orgânicas produzindo os hormônios tri-iodotironina (T3) e tetraiodotironina (T4), também denominado tiroxina, que agem como catalisadores no organismo e influenciam uma grande variedade de efeitos incluindo a taxa metabólica, o crescimento e o desenvolvimento, o metabolismo de carboidratos, gorduras, eletrólitos e água, as necessidades vitamínicas, a reprodução e a resistência a infecções (EILER, 2006).

Estímulos adversos perturbam a homeostasia corporal e desencadeiam reação de estresse que estimula as glândulas adrenais a produzir cortisol. Este hormônio visa restabelecer as funções orgânicas normais fornecendo meios que aumentem a capacidade do organismo lidar com as situações estressantes como o aumento da pressão arterial que melhora a oxigenação tecidual e a hiperglicemia que fornece aporte energético para as células (BLOOD & STUDDERT, 2002; EILER, 2006).

O estresse térmico provoca alterações agudas e crônicas nas concentrações plasmáticas de cortisol e hormônios tireoideanos (SOUZA et al. 2012).

O aumento da temperatura, ocasionando desconforto geral para o animal acometido, determina consequências adversas à função celular prejudicando seu funcionamento. O estresse calórico reduz as atividades enzimáticas e a taxa metabólica alterando a concentração de vários hormônios (GRUNERT et al. 2005).

Situações de estresse térmico determinam aumentam nos níveis de cortisol sérico que, se persistir, irão alterar a liberação de TRH (Thyrotropin Releasing Hormone) que é secretado no hipotálamo e modula a fisiologia tireoideana (Oliveira et al., 2012). Entretanto, existem trabalhos com dados conflitantes em relação a essa premissa de alterações na concentração de hormônios tireoideanos em animais sob estresse térmico requerendo cautela e mais pesquisas que possam elucidar as divergências (URIIBE-VELÁSQUEZ et al. 1998).

Existe ainda a necessidade de se diferenciar os efeitos de longa e curta duração do estresse pelo calor sobre os níveis circulantes de T3 e T4 em ruminantes, uma vez que a adaptação ao estresse crônico acarreta mudanças endócrinas que podem ser diferentes daqueles condicionados pelo estresse momentâneo (SOUZA et al. 2012).

Estresse térmico sobre os eletrólitos

Os eletrólitos estão presentes em todos os líquidos corporais, tanto intra quanto extracelular, e são necessários à manutenção da homeostase. O estresse térmico altera os níveis séricos desses sais pela perda de água causada pela elevação da temperatura corpórea resultando, geralmente, em desidratação subclínica e aumento da concentração desses compostos (BOHN, 2015).

Concentrações plasmáticas de íons sódio (Na^+), potássio (K^+) e cloreto (Cl^-) foram afetadas pelo estresse térmico agudo, tendo seus valores aumentados. A hipernatriemia está associada à perda excessiva de líquidos e à reabsorção tubular renal desses íons para manter a volemia; o aumento nos teores de potássio podem estar relacionados à transferência de potássio do líquido intracelular para o extracelular que comumente ocorre nos casos de desidratação; e o aumento nos níveis de cloreto estão relacionados ao quadro de alcalose respiratória, comumente observado em animais sob estresse térmico (FERREIRA et al. 2009).

4. Considerações Finais

Os elementos climáticos interferem significativamente nos parâmetros produtivos, reprodutivos e adaptativos dos animais criados no semiárido brasileiro. É preciso fazer o uso de técnicas que reduzam o impacto das intempéries climáticas para que os animais possam expressar o seu potencial produtivo. Ademais, vale ressaltar, que não basta incidir sobre os fatores ambientais, pois estes não são os únicos a contribuírem com o processo de produção de carne, leite, pele ou lã. É preciso atentar para os fatores nutricionais, sanitários e de manejo de cada espécie criada.

Referências

ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S.B.P. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p: 892- 899, 2013.

ANDRADE, S. F. JERICÓ, M. M. Anti-inflamatórios. In: ANDRADE, S. F. **Manual de Terapêutica Veterinária**. 2 ed. São Paulo: Roca, 2002.

ARAUJO, J. I. M. et al. Efeito de diferentes ambientes climáticos sobre características fisiológicas de bezerros mestiços (Holandês x Gir). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.3, p.259-265, 2016.

AZEVEDO, M; PIRES, M.F.A.; STURNINO, H.M.; LANA, A.M.Q.; SAMPAIO, I.B.; MONTEIRO, J.B.N.; MORATO, L.E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras ½, ¾ e 7/8 holandês – zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. EDUEL, Londrina. 2001.

BALL, P. J. H.; PETERS, A. R. **Reprodução em bovinos**. 3^a Ed. São Paulo: ROCA, 2006.

BARBOSA, N. G. S.; LANA, R. P.; HAM, N. J. Consumo e fermentação ruminal de fibras em função de suplementação alimentar energética e protéica em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1558-1565, 2006.

BARNABÉ, J. M. C. et al. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.5, p.481–488, 2015.

BEZERRA, L. R.; FERREIRA, A. F.; CAMBOIM, E. K. A.; JUSTINIANO, S. V.; MACHADO, P. C. R.; GOMES, B. B. Perfil hematológico de cabras clinicamente sadias criadas no cariri paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p.955-960, 2008.

BILBY, T. R., TATCHER, W. W. & HANSEN, P. J. (2009). Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. **Anais do XIII Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos** 1: 59-71.

BIRGEL JÚNIOR, E. H. et al. Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 53, n. 2, p.164-171, 2001.

BLOOD, D. C.; STUDDERT, V. P. **Dicionário de Veterinária**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

BOHN, A. A. Avaliação laboratorial dos eletrólitos. In: THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e bioquímica – Clínica Veterinária**. 2^a Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

BRASIL, L.H.A.; WECHESLER, F. S.; BACCARI JÚNIOR, F. et al. Efeitos do Estresse Térmico Sobre a Produção, Composição Química do Leite e Respostas Termorreguladoras de Cabras da Raça Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1632-1641, 2000.

BROUCEK, J.; KISAC, P.; UHRINCAT, M. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v.15, p.201- 208, 2009.

CAMPOS, R., ALMEIDA, L. L., TERRA, S. R. & GONZÁLEZ, F. H. D. Parâmetros hematológicos e níveis de cortisol plasmático em vacas leiteiras de alta produção no Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science** v.45, p.354-361. 2008.

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, n.2, p.33-38, 2015.

COSTA, M. A. L; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.280-287, 2005.

CRUZ, L. V. et al. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, SP, v. 9, n. 16, 2011.

SOUZA, B.B. **Adaptabilidade e bem-estar em animais de produção**. 2015. [S.I.]

DIAS, A. M. A.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R.; GUIM, A.; SILVA, G.; SILVA, A.C. Consumo e digestibilidade dos nutrientes e desempenho de caprinos recebendo farelo grosso de trigo na dieta em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.831-836, 2010.

EILER, H. Glândulas endócrinas. In: REECE, W. O. **Dukes – Fisiología dos animais domésticos**. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

ESQUIVEL J. E., J. I. VELAZCO, P. J. ROVIRA. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangras durante el verano. pro-

ducción animal. Unidad Experimental Palo a Pique. Serie Actividades de Difusión, 511. INIA Treinta y Tres. pp. 22-36, 2007.

FERREIRA, F.; CAMPOS, W.E.; CARVALHO, A.U.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; SILVA, M.V.G.B.; VERNEQUE, R.S.; SILVA, P.F. Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.4, p.769-776, 2009.

FERRO, D.A.C. **Efeitos dos elementos climáticos na produção e reprodução de vacas leiteiras**. Dissertação, Universidade Federal de Goiás. 2011.

FERRO, F. R. A.; CAVALCANTI NETO, C. C.; TOLEDO FILHO, M. R.; FERRI, S. T. S.; MONTALDO, Y. C. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.5, p.01-25, 2010.

FIALHO, F.R.L.; REZENDE, M.P.G.; SOUZA, J.C.; SILVA, R.M.; OLIVEIRA, N.M. E SILVEIRA, M.V. Performance in preweaning pure and crossbred calves in the Mato Grosso do Sul Pantanal region, Aquidauana, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.37, p.437- 442, 2015.

FURTADO, D. A et al. Termorregulação e desempenho de tourinhos Sindi e Guzerá, no agreste paraibano. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.9, p.1022–1028, 2012.

GOMES, C. A. V.; FURTADO, D. A.; MEDEIROS, A. N.; SILVA, D. S.; PIMENTA FILHO, E. C.; LIMA JÚNIOR, V. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.213-219, 2008.

GONÇALVES, M. F. et al. Nutrição da vaca leiteira em ambiente quente. **PUBVET**, v. 7, p. 707-775, 2013.

GRUNERT, E.; BIRGEL, E. H.; VALE, W. G.; BIRGEL JÚNIOR, E. **Patologia e Clínica da Reprodução dos Animais Mamíferos Domésticos: Ginecologia**. São Paulo-SP, Livraria Varela, 2005.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to the thermal stress. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v.82-83, p.349-360, 2004.

IBGE 2016. Pesquisa da Pecuária 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 28 out. 2018.

JAINUDEEN, M. R.; HAFEZ, B. Falha reprodutiva no macho. In: HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. **Reprodução Animal**. 7^a Ed. Barueri-SP: Manole, 2004.

JORDAN, E.R. Effects of heat stress on reproduction. **Journal Dairy Science**, v.86, p.104-114, 2003.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A. A.; PAULINO, M. F.; GOMES JÚNIOR, P.; FERREIRA, J. N. Desempenho produtivo de animais de quatro raças zebuínas, abatidos em três estádios de maturidade. Ganho de peso e de carcaça e eficiência de ganho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.766-769, 2007.

LEITÃO, M. M. V. B. R. et al. Conforto e estresse térmico em ovinos no Norte da Bahia.

R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.17, n.12, p.1355–1360, 2013.

LEITE, J. R de S. et al. Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.4, p.443–448, 2012.

LOPES, A. C. R. **Ganho de peso e rendimento de carcaça de bovinos de corte confinados com acesso a sombra**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

LUCENA, L. F. A. et al. Respostas fisiológicas de caprinos nativos mantidos em temperatura termoneutra e em estresse térmico. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.6, p.672–679, 2013.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**. Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 126p, 1997.

MALAFIAIA, P.; PIMENTEL, V. A.; FREITAS, K. P.; COELHO, C. D.; BRITO, M. F.; PEIXOTO, P. V. Desempenho ponderal, aspectos econômicos, nutricionais e clínicos de caprinos submetidos a dois esquemas de suplementação mineral. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.24, p.15-22, 2004.

MARCHETO, F. G., NÄÄS, I. A. SALGADO, D. D. & Souza, S. R. L. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 39, p.320-323, 2002.

MARTINS JÚNIOR, L. M.; COSTA, A. P. R.; RIBEIRO, D. M. M.; TURCO, S. H. N.; MURATORI, M. C. S. Respostas fisiológicas de caprinos Boer e Anglo-Nubiana em condições climáticas de Meio-norte do Brasil. **Revista Caatinga**, v.20, p.1-7, 2007.

MENEGRINI, R. C.; BENESI, F. J.; HENRIQUES, L. C. S. A.; RIZZO, H.; MEIRA JUNIOR, E. B. S.; GREGORY, L. Hemogram of healthy sheep (Ovisaries) of the Santa Ines breed raised in the region of Piedade, São Paulo State: influence of age and sex. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 53, n. 4, p. 1-7, 2016.

MENEZES, S. R. S. Efeitos do clima na performance reprodutiva de bovinos leiteiros nos Açores. 75f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Zootécnica) – Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo. 2010.

MIES FILHO A. **Reprodução dos animais e inseminação artificial**. Porto Alegre: Sulina. 4 ed. v.1, 364p, 1987.

MOREIRA E.P, MOURA A.A.A, ARAÚJO A.A. Efeito da insulação escrotal sobre a biometria testicular e parâmetros seminais em carneiros da raça Santa Inês criados no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1704-1711, 2001.

NĚMEČKOVÁ, D.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; STÁDNÍK, L. The effect of the design of housing systems for calves on the microclimatic conditions of the rearing environment. **Arch. Tierzuch.** v. 56, p. 509–517, 2013.

NASCIMENTO, T. V. C.; OLIVEIRA, F. A.; TURCO, S. H. N.; CORDEIRO, M. F.; LOPES JUNIOR, E. S. Fatores meteorológicos sobre a atividade reprodutiva de cabras leiteiras na época seca do semiárido pernambucano. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v. 18, n. 5, p. 539-544, 2014.

NEIVA, J. N. M. et al. Efeito do Estresse Climático sobre os Parâmetros Produtivos e Fisiológicos de Ovinos Santa Inês Mantidos em Confinamento na Região Litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

OLIVEIRA, W. P.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L. et al. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 39, n. 2010.

OLIVEIRA, F. S.; FERNANDES NETO, V. P.; SILVA, M. N. N.; CARDOSO, F. S.; COSTA, A. P. R. Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos e bioquímicos de ovinos criados em clima tropical. **Pubvet**. Londrina, v.6, n.16, Ed. 203, Art. 1359, 2012.

PAES, P. R.; BARIONI, G.; FONTEQUE, J. R. Comparação dos valores hematológicos entre caprinos fêmeas da raça Parda Alpina de diferentes faixas etárias. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v.6, n.1, p.43-49, 2000.

PEREIRA, C.J.; CUNHA, D.N.F.V.; CECON, P.R.; FARIA, P.R. Desempenho, temperatura retal e frequência respiratória de novilhas leiteiras de três grupos genéticos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.328-334, 2008.

PERISSINOTTO, M. et al. 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.

PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. **Latte**, Milan, v. 28, n. 12, p. 36 - 38, 2003.

PORCIANATO, M. A. F.; FERNANDES, A. M.; NETTO, A. S.; SANTOS, M. V. Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. **Revista Ciência Agrária e Ambiental**, Curitiba, v.7, n.4, p.483 - 490, 2009.

SALLES, M.G.F. **Parâmetros fisiológicos e reprodutivos de machos caprinos Saanen criados em clima tropical**. 2010. 159f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Ceará, CE, 2010.

SALVIANO, M.B, SOUZA, J.A.T. Avaliação andrológica e tecnologia do sêmen caprino. **Rev Bras Reprod Anim**, v.32, p.159-167, 2010. Disponível em <http://www.cbra.org.br/>. Acesso em: 20 outubro. 2018.

SILVA, A. E. D. F.; NUNES, J.F. Estacionalidade na atividade sexual e qualidade do sêmen nos ovinos deslanados das raças Santa Inês e Somalis. **Rev Bras Reprod Anim**, v.8, p.207-214, 1984.

SILVA, A.S. et al. Influência do período do ano e horário do dia sobre os parâmetros fisiológicos de ovelhas Santa Inês na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 21, Ed. 244, Art. 1612, Novembro, 2013.

SILVA, E.M.N. et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v.23, n.2, p.142-148, 2010.

SILVA, E.M.N. da; SILVA, G.A.; SOUZA, B.B. de **Influência de fatores ambientais sobre a resposta fisiológica e a produção de leite**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/FatoresAmbientais/index.htm>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

SILVA, F. L. R.; ARAÚJO, A. M. Desempenho produtivo em caprinos mestiços no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1028-1035, 2000.

SILVA, G.A.; SOUZA, B. B.; PEÑA ALFARO, C.E.; AZEVEDO, S.A.; AZEVEDO NETO, J.; SILVA, E. M. N.; SILVA, A. K. B. Efeito das épocas do ano e de turno sobre os parâmetros fisiológicos e seminais de caprinos no semiárido paraibano. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v.1, p.7-14, 2005. Disponível em: <http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/artigos.php?Rg=3>. Acesso em: 20 outubro. 2018.

SILVA, J.C.P.M. et al. **Bem-estar do Gado Leiteiro**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil 2012.

SILVA, J. J. F. C. et al. Evaporação cutânea e respostas fisiológicas de caprinos Canindé em ambiente equatorial semiárido. **J Anim Behav Biometeorol**, v.1, n.1, p.13-16, 2013.

SILVA, R. M. N. da et al. Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça sindi no semi-árido. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 29, n. 1, p. 193-199, 2005.

SILVA, T. P. D. et al. Características termorreguladoras e ganho de peso de cordeiros Santa Inês no sul do estado do Piauí no período de transição seca/água. **Revista Agrarian**, Dourados, v.6, n.20, p.198-204, 2013.

SILVA, T. P. D.; OLIVEIRA, R. G.; JÚNIOR, S. C. S. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês X Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, v. 3, p: 299- 305, 2012.

SILVA, T.P.D. et. al. Efeito da Época do Ano e Período do Dia Sobre os Parâmetros Fisiológicos de Ovelhas Morada Nova na Microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Cient Ciênc Biol Saúde**, v.4, p.287-90, 2013.

SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SOUZA, O. B. DE; SILVA, G. A.; FREITAS, M. M. S. de. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v.23, p.142-148, 2010.

SOUZA, B. B. de et al. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça sindi no semi-árido paraibano. **Ciência e agrotecnologia**, v.31, n.3, p.883-888, 2007.

SOUZA, P.T.; SALLES, M.G.F.; ARAÚJO, A.A. Impacto do estresse térmico sobre a fisiologia, reprodução e produção de caprinos. **Ciência Rural**, v.42, n.10, p.1888-1895, 2012

SOUZA, P. T. et al. Perfil hematológico de cabras Saanen e mestiças ($\frac{1}{2}$ Saanen e $\frac{1}{2}$ Anglo-nubiana) criadas em clima tropical do Ceará. **Pesq. Vet. Bras.** v. 35, n. 1, p. 99-104, 2015.

STULL, C.; REYNOLDS, J. Calf welfare. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 24, p. 191–203, 2008.

TOSSETTO M. R, SARUBBI J., ZANCANARO B.M.D, LIMA S.Z, SIPPERT M.R. Influência do macroclima e do microclima sobre conforto térmico de vacas leiteiras. **Journal of Animal Behaviour Biometeorology**. v.2, n.1, p.6-10, 2014.

URIBE-VELÁSQUEZ, L.F.; OBA, E.; BRASIL, L. H. A.; WECHSLER, F. S.; STACHISSINI, A.V.M. Concentrações plasmáticas de cortisol, hormônios tiroídeos, metabólitos lipídicos e temperatura corporal de cabras alpinas submetidas ao estresse térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n.6, p.1123-1130, 1998.

URIBE-VELÁSQUEZ, L.F. et al. Efeitos do estresse térmico nas concentrações plasmáticas de progesterona (P4) e estradiol 17-b (E2) e temperatura retal em cabras da raça Pardo Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.388-393, 2001.

VALLE, R.V. **Perfil proteômico do plasma seminal de caprinos Moxotó nos períodos seco e chuvoso do semiárido nordestino**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado) – UVA, Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE, 2012.

VASCONCELOS, J.L.M.; DEMÉTRIO, D.G.B. Manejo reprodutivo de vacas sob estresse calórico. **Revista Brasileira de Zootecnia (Online)**, v. 40, p. 396-401, 2011.

WEST, J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.6, p.2131- 44, 2000.

YANAGI JUNIOR, T.. **Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em :< http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm>. Acesso em: 02 Dez. 2019.

CAPÍTULO II

Efeitos do estresse térmico nos parâmetros fisiológicos, produtivos, reprodutivos e hormonais de caprinos

Heat stress effects on physiological, productive, reproductive, and hormonal parameters in goats

Autores e Afiliações

Luiz Henrique de Souza Rodrigues¹; Maria Araceli Silva de Araújo¹; Bonifácio Benicio de Souza^{1,*}; Claudiney Felipe Almeida Inô¹; Rebeca Castelo Branco Brasileiro¹; Francinaldo Nunes Pessoa Filho¹; Bernadin Fonrose²; Vinícius Pessoa Batista dos Santos¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

² Campus Henry Christophe de L’Université d’État d’Haïti à Limonade (CHC-UEHL), Haiti.

Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

Apesar da espécie caprina ser considerada rústica quando comparado à outras espécies de ruminantes, seu bem-estar sofre impactos em climas quentes, acarretando perdas produtivas e reprodutivas. Para reduzir esses impactos negativos causado pelo clima, a busca por métodos e genótipos adaptados à climas quentes se torna uma ferramenta importante na caprinocultura nos trópicos. Diante disso, o objetivo deste levantamento bibliográfico é elucidar os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia, produção, reprodução e respostas hormonais em caprinos. Um ambiente com temperaturas, umidade e radiação solar alta age como fator estressante para os animais. Sob ambientes quentes os caprinos passam a elevar a frequência respiratória e frequência cardíaca no mecanismo de dissipação de calor de forma latente para manter a homeotermia. As temperaturas superficial e retal também são observadas em animais sob estresse térmico. Na produção, os impactos negativos refletem na redução do consumo alimentar e ganho de peso. Impactos negativos relacionados ao estro, funcionalidade dos gametas, desenvolvimento do feto e espermatogênese também são observados na reprodução. Dentre as alterações endócrinas importantes, a elevação do cortisol e TRH pelo hipotálamo influencia na regulação dos hormônios tireoidianos T3 e T4. A compreensão dos efeitos do clima é crucial para o desenvolvimento de estratégias de manejo e bem-estar animal eficaz, podendo mitigar os efeitos climáticos sobre a criação de caprinos nos trópicos.

Palavras-chave - adaptabilidade, cortisol, caprinocultura, estresse térmico.

Abstract

Although the goat species is considered rustic when compared to other ruminant species, its well-being is impacted in hot climates, causing productive and reproductive losses. To reduce these negative impacts caused by climate, the search for methods and genotypes adapted to hot climates becomes an important tool in goat farming in the tropics. Therefore, the objective of this bibliographical survey is to elucidate the effects of heat stress on the physiology, production, reproduction and hormonal responses in goats. An environment with high temperatures, humidity and solar radiation acts as a stressful factor for animals. Under hot environments, goats begin to increase their respiratory rate and heart rate in the latent heat dissipation mechanism to maintain homeothermia. Surface and rectal temperatures are also observed in animals under heat stress. In production, the negative impacts reflect the reduction in food consumption and weight gain. Negative impacts related to estrus, gamete functionality, fetal development and spermatogenesis are also observed in reproduction. Among the important endocrine changes, the elevation of cortisol and TRH by the hypothalamus influences the regulation of thyroid hormones T3 and T4. Understanding the effects of climate is crucial for developing effective animal management and welfare strategies, which can mitigate climate effects on goat farming in the tropics.

Keywords - adaptability, cortisol, goat farming, heat stress.

1. Introdução

Dados publicados pelo IBGE (2021) apontam que o efetivo de caprinos no Brasil totaliza aproximadamente 11,9 milhões de cabeças, sendo a região Nordeste do país responsável por 95,2% deste total. Apesar dos caprinos serem considerados rústicos, quando comparado com outras espécies de ruminantes, o clima é um dos fatores de impacto mais acentuado no bem-estar animal, causando prejuízos produtivos e reprodutivos em caprinos exóticos criados nos trópicos (ARAÚJO, 2022).

Estudos com animais em câmaras climáticas proporcionam informações importantes sobre os efeitos ambientais e climáticos no conforto térmico, produção, reprodução, comportamento animal, dentre outros, podendo estabelecer assim, parâmetros de criação mais eficientes e produtivos (MIRANDA et al., 2018).

A exposição de caprinos à altas temperaturas induz o aumento da temperatura do núcleo corporal, intensificando a dissipação do calor de forma latente, onde ocorre uma maior vasodilatação e aumento do fluxo sanguíneo para a superfície da pele e sudorese, observando assim, elevação sua temperatura retal, frequência respiratória e temperatura superficial MARQUES et al., 2022). As altas temperaturas, o estresse térmico também afeta a atividade reprodutiva dos caprinos, impactando na espermatogênese dos machos, atuando de forma prejudicial as fases de formação dos espermatozoides (ARAÚJO, 2022).

Para uma melhor eficiência na caprinocultura, a busca por conhecimento acerca das características de adaptabilidade ao clima e métodos que reduzam os impactos causados pelas altas temperaturas nessa espécie devem ser ressaltados (ARAÚJO, 2022). Desta forma, o objetivo do

presente estudo é realizar um levantamento bibliográfico acerca dos efeitos do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos, produtivos, reprodutivos e hormonais dos caprinos.

2. Material e Métodos

O presente trabalho consiste em uma **revisão de literatura** sobre os efeitos do estresse térmico em caprinos. As informações foram obtidas a partir de livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos disponíveis em bases de dados como **SciELO**, **Google Acadêmico** e **Periódicos CAPES**.

Foram priorizados estudos recentes e relevantes que abordam aspectos **fisiológicos, produtivos, reprodutivos e hormonais** relacionados ao estresse térmico em caprinos criados em regiões tropicais e semiáridas.

3. Resultados e Discussão

3.1. Efeitos fisiológicos do estresse térmico

Os elementos climáticos possuem efeitos diretos e indiretos sobre a produção animal nos trópicos. Sob condições climáticas estressantes observa-se queda do desempenho produtivo e reprodutivo, prejudicando o seu bem-estar e reduzindo a margem de lucro dos criadores. Dentre as informações climáticas mais importantes para a produção animal, pode-se destacar a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, radiação solar e precipitação pluviométrica (CARVALHO *et al.*, 2023).

O ambiente com temperatura, umidade do ar e radiação solar elevadas age como fator estressante para os animais. O calor produzido pelo metabolismo dos animais será maior que o calor liberado para o ambiente, causando alterações fisiológicas pelo esforço realizado para tentar manter a homeotermia. As mudanças comportamentais são os principais indicadores do desconforto e ausência do bem-estar (SILVA *et al.*, 2016).

Na pecuária leiteira o estresse térmico trás diversos problemas, que vão desde alterações comportamentais e fisiológicas, até a queda na produção e qualidade do leite, causando perdas econômicas. Algumas técnicas são utilizadas para reduzir o estresse térmico, como o sombreamento, utilização de ventiladores e aspersores de água, formulação de dietas e modificação do manejo, sempre obedecendo a adequação com a realidade da propriedade e considerando o custo/benefício dentro do sistema (DALTRO *et al.*, 2020).

Ovinos nativos possuem uma faixa de temperatura de zona de conforto mais ampla, quando comparado à ovinos exóticos, apresentando uma capacidade de tolerância ao calor superior (MASCARENHAS, 2022). Por serem menos susceptível às mudanças climáticas, são animais que podem resistir ao estresse térmico, porém, quando expostos de forma continuada pode haver redução significativa na capacidade de produção e reprodução (SILVA *et al.*, 2023).

A integração pecuária floresta vem sendo uma alternativa para reduzir os prejuízos produtivos causados pelo clima. O sistema, apesar de reduzir a massa de forragem, melhora os índices de conforto térmico e ameniza as temperaturas e umidade do ar, refletindo na redução da frequência respiratória nos períodos mais quentes do dia (SIMIELE, 2022).

Apesar dos caprinos serem animais rústicos em relação ao ponto de vista bioclimático, climas com temperaturas, umidade e radiação solar mais elevados podem acarretar em mudanças em sua fisiologia geral. Com isso, o conhecimento dos impactos do estresse térmico e do clima onde esses animais estão inseridos proporcionam grande contribuição no aumento da produtividade da criação de caprinos nos trópicos (SOUZA; SALLES; ARAÚJO, 2012).

As perdas de calor na forma latente são as principais respostas fisiológicas diante do estresse térmico em climas quentes, tendo como indicadores principalmente a taxa de transpiração, frequência respiratória, temperatura retal, frequência cardíaca e temperatura superficial (MENEZES *et al.*, 2021).

A frequência respiratória é o mecanismo mais utilizado pelos ruminantes para promover a troca de calor com o ambiente. Para caprinos essa variável é considerada normal quando apresenta um valor médio de 12 a 25 movimentos por minuto (BARROS JUNIOR *et al.*, 2017). A severidade do estresse térmico é mensurada de acordo com a quantidade de movimentos respiratórios, sendo de 40-60, 60-80, 80-120 mov/min um estresse baixo, médio-alto, e alto respectivamente (NÓBREGA *et al.*, 2011).

A temperatura retal normal para os caprinos varia entre 38,5 a 39,7°C, sendo este calor produzido pelo organismo como resultado do metabolismo. Diante disto, o controle da temperatura corporal se faz necessária para impedir que a mesma se eleve à níveis inaceitáveis (REECE *et al.*, 2015).

Esta temperatura retal é a variável que melhor representa a temperatura do núcleo central do animal. A estação do ano e o período do dia são fatores que podem promover variações na temperatura corporal, e seu aumento indica que o animal está estocando calor, manifestando assim o estresse térmico (PEREIRA, 2008).

A frequência cardíaca também sofre influência com o clima, que no período da tarde, onde a temperatura do ar se encontra mais elevada, observa-se elevação desta variável. Este evento pode ser atribuído ao aumento da atividade muscular feita para controlar e promover a elevação dos movimentos respiratórios, ou pelo fato de ocorrer a redução da resistência vascular periférica causada pela vasodilatação feita para dissipar calor através da pele (SOUZA; SALLES; ARAÚJO, 2012).

De forma indireta, a temperatura superficial dos caprinos é influenciada pela radiação solar, causando sua elevação e alterando os gradientes térmicos (núcleo central-superfície corporal e superfície corporal-ambiente). A perda de calor através da pele é dependente do gradiente térmico superfície corporal-ambiente, sendo uma variável representativa do microambiente em torno do animal, e está correlacionada com a frequência respiratória (ROBERTO, 2012).

Para mensuração da temperatura superficial é utilizada a técnica de termografia infravermelha. Esta técnica pode ser usada em sistemas de produção como uma alternativa de avaliação do bem-estar animal, substituindo métodos tradicionais, trazendo precisão e praticidade para a caprinocultura (ROBERTO; SOUZA, 2014).

3.2. Impactos produtivos

O bem-estar animal está intrinsecamente ligado às condições ambientais, as quais desempenham um papel crucial na produção e produtividade em uma criação específica. O estresse

térmico emerge como um dos principais fatores limitantes na produção animal nos trópicos, uma vez que as altas temperaturas podem impactar negativamente o consumo de alimentos, a ingestão de água, o ganho de peso, as taxas produtivas e reprodutivas, assim como a produção de leite e carne (BARROS, Junior *et al.*, 2017).

O estresse térmico é uma preocupação significativa na produção de caprinos, pois pode afetar negativamente o desempenho a saúde desses animais. Esse estresse ocorre quando os caprinos são expostos a condições ambientais fora de sua faixa de conforto térmico, resultando em respostas fisiológicas adversas (Ribeiro *et al.*, 2018).

O consumo de alimentos pelos animais é influenciado por uma variedade de fatores, incluindo peso vivo, taxa de ganho de peso, genética, nutrição, sanidade, condições de instalações e clima. Animais submetidos a altos níveis de estresse tendem a reduzir o consumo de alimentos, podendo levar a uma série de mudanças no funcionamento biológico dos animais, incluindo distúrbios no metabolismo de água, proteínas, energia, balanço de minerais, reações enzimáticas, secreção hormonal e perfil metabólico sanguíneo (Pollis *et al.*, 2020).

De acordo com Miranda *et al.* (2018), o consumo de alimentos em caprinos está inversamente relacionado à temperatura ambiente, com uma diminuição observada à medida que a temperatura aumenta. Isso é considerado um mecanismo para reduzir a produção interna de calor.

De acordo com Medeiros (1997), o estresse calórico exerce um impacto negativo no ganho de peso dos animais devido a dois principais mecanismos: o efeito catabólico e a gliconeogênese. Em situações de estresse, os glicocorticosteróides endógenos são liberados, estimulando esses processos. Isso leva à perda de peso, uma vez que os tecidos musculares e adiposos são convertidos em glicose para a produção de energia. Além disso, há um efeito catabólico nos tecidos conjuntivos, ósseos e órgãos linfáticos, resultando em um balanço negativo de nitrogênio no organismo. Como resultado, em vez de formação de depósitos musculares ou reposição de tecidos, a síntese de proteínas e lipídeos é comprometida, levando à degradação de açúcares e à inibição do crescimento.

3.3. Alterações reprodutivas

Animais submetidos a estresse térmico apresentam modificações nas respostas fisiológicas e comportamentais relacionadas ao estro, como resultado de alterações agudas e crônicas nas concentrações plasmáticas de estradiol e progesterona. Essas mudanças causam variações na duração do ciclo estral e uma redução na intensidade do estro, devido a dificuldades na sua detecção (URIBE-VELÁSQUEZ *et al.*, 2001).

O calor excessivo pode desencadear problemas na produção e funcionalidade dos gametas, mudanças no processo de gestação embrionária e efeitos negativos no crescimento e desenvolvimento do feto (HANSEN, 2009).

As fases da espermatogênese e os espermatozoides já formados em movimento através do epidídimo também sofrem alterações (Souza *et al.*, 2012). Modificações como cabeças soltas dos espermatozoides, defeitos no acrossoma, caudas enroladas, espermatozoides imaturos e a presença de gota proximal na junção entre a cabeça e a peça intermediária podem ser observadas (Ball & Peters, 2004).

Além da redução na produção e qualidade dos espermatozoides, pode ocorrer degeneração do epitélio seminífero, levando à degeneração testicular, em um período de um a dois anos, que pode progredir para fibrose e, consequentemente, infertilidade (GRUNERT *et al.*, 2005).

O ciclo reprodutivo na fêmea se inicia com a produção de GnRH pelo hipotálamo, que estimula a hipófise anterior a liberar FSH. Este hormônio é responsável pela maturação dos folículos ovarianos e pelo desenvolvimento do óvulo dentro deles. À medida que o folículo se desenvolve, ele produz estrógeno, que desencadeia o comportamento de estro, causa mudanças no trato reprodutivo, como edema, e atrai leucócitos para combater infecções. Além disso, o estrógeno retorna ao hipotálamo para estimular a liberação adicional de GnRH. Esse ciclo resulta na liberação de LH, que promove a ovulação. Se ocorrer fecundação, o folículo se transforma em corpo lúteo, que secreta progesterona para sustentar a gravidez. No caso de não ocorrer fecundação, o útero produz prostaglandina, que destrói o corpo lúteo, reiniciando um novo ciclo reprodutivo (BALL; PETERS, 2006; RODRIGUES, 2023).

3.4. Respostas hormonais

Dentre as alterações endócrinas significativas durante o estresse, é importante ressaltar a diminuição da atividade do eixo hipotálamo-hipófise-tireoide, resultando na redução dos níveis hormonais tireoidianos, como a tiroxina (T4) e a triiodotironina (T3) (REECE, 1996).

Coelho et al. (2008), ao estudarem caprinos submetidos a estresse térmico em câmaras bioclimáticas, observaram que, no início do experimento, os animais estressados apresentaram uma diminuição nas médias das concentrações dos hormônios tireoidianos. Entretanto, no terceiro, quarto e quinto dia do estudo, os níveis hormonais se equiparam entre os animais submetidos ao estresse térmico e os mantidos em condições termoneutras, sugerindo uma adaptação dos animais às condições ambientais.

Conforme apontado por Nascimento (1994), é crucial distinguir entre os efeitos de curto e longo prazo do estresse térmico sobre os níveis circulantes de T3 e T4 em ruminantes. Isso se deve ao fato de que a adaptação ao estresse crônico pode resultar em alterações endócrinas distintas daquelas induzidas pelo estresse agudo.

Situações de estresse térmico resultam em aumento nos níveis de cortisol sérico, o qual, se persistir, pode alterar a liberação de TRH (Thyrotropin Releasing Hormone) pelo hipotálamo, influenciando na regulação da fisiologia tireoidiana (Oliveira *et al.*, 2012). No entanto, há trabalhos com resultados conflitantes sobre a relação entre estresse térmico e concentração de hormônios tireoidianos em animais, indicando a necessidade de cautela e de mais estudos para esclarecer as discrepâncias (URIBE-VELÁSQUEZ *et al.*, 1998).

4. Considerações Finais

A revisão bibliográfica sobre os efeitos do estresse térmico em caprinos revela uma gama de impactos nos parâmetros fisiológicos, produtivos, reprodutivos e hormonais desses animais. Os resultados indicam que o estresse térmico pode desencadear alterações significativas, como aumento nos níveis de cortisol, perturbações na função reprodutiva, redução produtiva, entre outros efeitos negativos.

No entanto, também há evidências de adaptação dos caprinos às condições ambientais adversas ao longo do tempo. A compreensão desses efeitos é crucial para o desenvolvimento

de estratégias de manejo e bem-estar animal eficazes, visando mitigar os impactos do estresse térmico e garantir a saúde e produtividade desses animais.

Referências

- ARAÚJO, E. V. C. **Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros reprodutivos dos caprinos.** 2022. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2022.
- BALL, P. J. H.; PETERS, A. R. **Reprodução em bovinos.** 3^a Ed. São Paulo: ROCA, 2006.
- BARROS JUNIOR, C. P. et al. **Avaliação de parâmetros fisiológicos em diferentes raças de caprinos na Região Nordeste brasileira.** Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2017.
- BARROS JUNIOR, C. P. et al. Avaliação de parâmetros fisiológicos em diferentes raças de caprinos na Região Nordeste brasileira. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Patos, v. 19, n. 1, p. 1-11, jan. 2017.
- CARVALHO, A. B. et al. Influência dos elementos climáticos na produção animal nos trópicos. **Coopex**. Patos, p. 1886-1912, 2023.
- COELHO, L.A. et al. Concentrações plasmáticas de testosterona, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) em bodes submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.6, p.1338-1345, 2008.
- DALTRO, A. M. et al. Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaucha**, Rio Grande do Sul, v. 26, n. 1, p. 288-311, 2020.
- GRUNERT, E.; BIRGEL, E. H.; VALE, W. G.; BIRGEL JÚNIOR, E. **Patologia e Clínica da Reprodução dos Animais Mamíferos Domésticos: Ginecologia.** São Paulo-SP, Livraria Varela, 2005.
- HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal. Reproduction Science**, Amsterdam, v.82-83, p.349-360, 2004.
- IBGE. **Produção da Pecuária Municipal.** 2021. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2021_v49_br_informativo.pdf. Acesso em: 13 jun. 2024.

MARQUES, J. I. *et al.* Análise Pupilar para o Monitoramento de Estresse Térmico em Caprinos. In: MARQUES, J. I. *et al.* **Pesquisas em ambiência anima**. São Luís: Edufma, 2022. Cap. 9. p. 129-148.

MARQUES, J. I. *et al.* Trocas Térmicas de Caprinos Submetidos à Diferentes Condições Ambientais. In: MARQUES, J. I. *et al.* **Pesquisas em ambiência anima**. Sao Luís: Edufma, 2022. Cap. 4. p. 40-60.

MASCARENHAS, N. M. H. **Índice de estresse térmico para ovinos nativos**. 2022. 71 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**. Instituto de Zootecnia, 1997.

MENEZES, R. A. *et al.* Estresse térmico em sistemas de produção de ruminantes em clima tropical. In: OLIVEIRA, A. F.; GONÇALVES, L. C. **Produção de ruminantes em sistemas integrados**. Belo Horizonte: FEPE, 2021. Cap. 7. p. 130-158.

MIRANDA, J. R. *et al.* Variáveis fisiológicas e desempenho produtivo como indicadores de estresse térmico em caprinos mestiços Boer em câmara climática. **Energia na Agricultura**, v. 33, n. 3, p. 201-206, 2018.

MOREIRA, E. P.; MOURA, A. A. A.; ARAUJO, A. A. Efeitos da insulina escrotal sobre a biometria testicular e parâmetros seminais em carneiros da raça Santa Inês criados no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p.1704-1711, 2001.

NASCIMENTO, M.R.B.M. **Efeito da variação da temperatura ambiente sobre os níveis séricos de 3,5,3' triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) em ovinos corriedale** 1994. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, SP.

NÓBREGA, G. H. *et al.* A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 6, n. 1, p. 67-73, 2011.

PEREIRA, G. M. **Avaliação do Comportamento Fisiológico de Caprinos da Raça Saanen no Semi -árido paraibano**. 2008. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina Veterinária, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2008.

POLLI, V. A. et al. **Estresse térmico e o desempenho produtivo de ovinos: uma revisão.** Medicina Veterinária (UFRPE), v. 14, n. 1, p. 38-47, 2020.

REECE, W. O. et al. **Dukes' physiology of domestic animals.** 13 ed. Iowa: Wiley Blackwell, 2015, 748 p.

REECE, W.O. **Fisiologia de animais domésticos** São Paulo: Roca, 1996. 351p.

RIBEIRO, Maria N. et al. Physiological and biochemical blood variables of goats subjected to heat stress—a review. *Journal of Applied Animal Research*, v. 46, n. 1, p. 1036-1041, 2018.

ROBERTO, J. V. B. **Efeito do ambiente térmico e uso da termografia de infravermelho em caprinos saanen e seus mestiços com o boer no semiárido brasileiro.** 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas Agrosilvipastoris no Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2012.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. **Journal Of Animal Behaviour And Biometeorology.** Patos, p. 73-84. out. 2014.

SILVA, M. R. et al. Estresse térmico e sua influência na fisiologia hormonal de pequenos ruminantes. **Journal Of Animal Behaviour And Biometeorology.** p. 50-54, 2016.

SIMIELE, C. B. **Avaliação do estresse pelo calor de novilhas nelore em sistema de integração pecuária floresta.** 2022. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia Animal, Unesp, Dracena, 2022.

SOUZA, P. T.; SALLES, M. G. F.; ARAÚJO, A. A. Impacto do estresse térmico sobre a fisiologia, reprodução e produção de caprinos. **Ciência Rural.** Santa Maria, p. 1888-1895. jul. 2012.

URIBE-VELÁSQUEZ, L.F.; OBA, E.; SOUZA, M.I.L. Efeitos da progesterona exógena sobre o desenvolvimento folicular em ovelhas. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.58-65, 2008b.

CAPÍTULO III

Efeito do estresse por calor sobre a reprodução

Animal nos trópicos

Effects of heat stress on animal reproduction in tropical regions

Autores e afiliações

Fabíola Franklin de Medeiros¹; Fábio Santos do Nascimento²; João Paulo da Silva Pires¹; Mateus Freitas de Souza¹; Luiz Henrique de Souza Rodrigues¹; Ribamar Veríssimo Macêdo¹; Maycon Rodrigues da Silva¹; Mayara Cândido da Silva Leite¹; Talícia Maria Alves Benício³; Bonifácio Benicio de Souza^{1,*}

¹ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

² Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE, Brasil.

³ Centro Universitário de Patos – UNIFIP, Patos-PB, Brasil.

Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

O clima é considerado fator regulador ou mesmo limitador da criação de animais para fins econômicos, o estresse é acompanhado por um acréscimo na atividade do eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HHA) e por um decréscimo na função reprodutiva, ocorrendo uma possível relação com os hormônios do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (HHG). Os hormônios relacionados ao estresse podem influenciar a função sexual em três níveis do eixo HHG: no hipotálamo, por meio do CRH (hormônio liberador de corticotrofina), onde este inibe a secreção de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas) e, consequentemente, na hipófise anterior, diminui a liberação de LH (hormônio luteinizante) e de FSH (hormônio folículo estimulante), assim, prejudicando a reprodução animal. Dessa forma autores citam que encontraram uma variação de 20 e 30% na taxa de concepção quando compararam as estações quente e fria. Pesquisadores verificaram, ainda, um maior percentual de prenhez (55,5%) no período frio se comparado com o período quente (44,5%), consequentemente as perdas gestacionais no período frio foram menores (2,1%) quando comparadas com o período mais quente (12,3%). A elevada temperatura a que um embrião está exposto leva-o a tornar-se hipertérmico, podendo levá-lo à morte. Nos machos também foi observado que a temperatura ambiente é o fator de maior importância na espermatogênese dos machos de qualquer espécie e, quando muito elevada (da ordem de 34,5

°C), é prejudicial tanto às etapas de formação dos espermatozoides como àqueles elementos já formados e em trânsito pelo epidídimo.

Palavras-chave - Zootecnia, Ambiência, bem-estar animal, produção animal.

Abstract

Climate is considered as a regulating or even limiting factor of animal exploration for economic purposes, stress is accompanied by an increase in the activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal (HHA) axis and by a decrease in the reproductive function, with a possible relationship with hypothalamic-pituitary-gonadal (HHG) axis hormones. Stress-related hormones may influence sexual function in three levels of the HHG axis: in the hypothalamus, through CRH (corticotrophin releasing hormone), where it inhibits the secretion of GnRH (gonadotrophin releasing hormone) and, consequently, in the pituitary gland decreases the release of LH (luteinizing hormone) and FSH (follicle stimulating hormone), thus impairing animal reproduction. In this way authors mention that they found a variation of 20 and 30% in conception rate when comparing the hot and cold seasons. Researchers also found a higher percentage of pregnancy (55.5%) in the cold period when compared to the hot period (44.5%), consequently gestational losses in the cold period were lower (2.1%) when compared to the hottest period (12.3%). The high temperature at which an embryo is exposed causes it to become hyperthermic, which can lead to death. In males it was also observed that the ambient temperature is the most important factor in the spermatogenesis of males of any species and, when very high (on the order of 34.5°C), it is detrimental both to the stages of sperm formation and to those already formed elements and in transit through the epididymis.

Keywords - Animal Science, Ambience. Animal welfare. Animal production.

1. Introdução

O clima na região semiárida é o elemento natural que exerce efeito mais pronunciado sobre o bem-estar animal, a produção e a produtividade. É considerado, portanto, um fator regulador ou mesmo limitador da exploração animal com fins econômicos (PEREIRA, 2005).

O estresse calórico resulta em decréscimos na produção de carne e leite, distúrbios reprodutivos e alimentares, além de impactos produtivos e econômicos significativos. Esses processos decorrem da influência de variáveis climáticas como temperatura e umidade do ar, radiação solar, vento e duração da exposição ao agente estressor (PEREIRA, 2011).

Segundo Nóbrega et al. (2011), os parâmetros climáticos ou ambientais podem ser analisados a partir da coleta de dados como temperatura máxima e mínima, temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido, temperatura do globo negro, umidade relativa do ar, bem como dos índices bioclimáticos — o índice de temperatura e umidade (THI) e o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) — ambos obtidos por meio de equações específicas.

Silva (2000) destaca que, nas regiões tropicais, durante boa parte do ano, a elevação da temperatura do ar, combinada a outros parâmetros ambientais, pode provocar estresse térmico nos animais. Estes, por sua vez, desenvolvem mecanismos fisiológicos compensatórios, intensificando a dissipação de calor principalmente pela termólise cutânea e respiratória.

Baccari Júnior (1990) enfatiza que a adaptabilidade de animais a ambientes quentes pode ser avaliada por meio de testes fisiológicos de tolerância ao calor. A temperatura retal e a frequência respiratória são consideradas as principais variáveis fisiológicas para estimar a tolerância térmica, complementadas pela temperatura superficial. Reece (1996) descreve que a temperatura retal normal em caprinos oscila entre 38,5°C e 39,7°C, enquanto Medeiros et al. (2007) relatam temperatura média de 39°C em condições de termoneutralidade.

Silanikove (2000) observa que a taxa respiratória é um bom indicador da severidade do estresse térmico: frequências de 40–60, 60–80 e 80–120 movimentos por minuto indicam, respectivamente, níveis de estresse baixo, médio e alto em ruminantes; acima de 150 movimentos/minuto em bovinos e 200 em ovinos, o estresse é considerado severo.

Em rebanhos leiteiros, o estresse térmico ocasiona alterações comportamentais e fisiológicas, redução na produção e na qualidade do leite, gerando prejuízos econômicos aos produtores (DALTRO et al., 2020).

Controlar os efeitos do estresse térmico é essencial para a manutenção da produtividade e do bem-estar animal. Diversas estratégias têm se mostrado eficazes, como o uso de sombreamento, ventiladores, aspersores e dietas específicas. Entretanto, qualquer alteração de manejo, instalação ou alimentação deve ser compatível com a realidade produtiva e a viabilidade econômica da propriedade, respeitando a relação custo-benefício de cada sistema (a pasto ou em confinamento).

Silanikove (2000) ressalta que a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, com consequente aumento das concentrações plasmáticas de cortisol, é uma das respostas mais marcantes dos animais submetidos a estresse térmico. Entre as alterações endócrinas, destaca-se também a redução da atividade do eixo hipotálamo-hipófise-tireóide, com diminuição nas concentrações dos hormônios tireoidianos tetraiodotironina (T4) e triiodotironina (T3) (REECE, 1996).

Dessa forma, torna-se indispensável o conhecimento da tolerância e da capacidade adaptativa das diversas espécies e raças para subsidiar o manejo zootécnico sustentável no semiárido. Assim, o objetivo desta revisão é avaliar, com base na literatura científica, a influência do ambiente sobre a reprodução animal nas condições climáticas do semiárido brasileiro.

2. Material e Métodos

Este estudo consistiu em uma revisão bibliográfica descritiva e exploratória sobre os efeitos do estresse térmico na reprodução de pequenos ruminantes, com ênfase nas condições do semiárido brasileiro. As fontes foram obtidas entre maio e setembro de 2024 em bases como SciELO, ScienceDirect, Google Scholar, PubMed e Periódicos CAPES. Foram incluídos artigos, dissertações e teses que abordaram aspectos fisiológicos, hormonais e adaptativos de machos e fêmeas submetidos ao calor. A análise foi qualitativa e comparativa, destacando os principais mecanismos fisiológicos de adaptação. Por basear-se em fontes secundárias, não houve envolvimento direto de animais nem necessidade de aprovação ética.

3. Resultados e Discussão

3.1. A influência do clima na reprodução animal

Efeitos sobre as fêmeas

Segundo Selye (1936) o estresse é acompanhado por um acréscimo na atividade do eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HHA) e por um decréscimo na função reprodutiva, ocorrendo uma possível relação com os hormônios do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (HHG). Os hormônios relacionados ao estresse podem influenciar a função sexual em três níveis do eixo HHG: no hipotálamo, por meio do CRH (hormônio liberador de corticotrofina), onde este inibe a secreção de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas) e, consequentemente, na hipófise anterior, diminui a liberação de LH (hormônio luteinizante) e de FSH (hormônio folículo estimulante), assim, prejudicando a reprodução animal.

SILVA, et al. (2010), avaliando os efeitos das condições reprodutivas (pluríparas ou nulíparas) e climáticas (período seco ou chuvoso) sobre o número e qualidade de embriões colhidos de cabras da raça Boer super ovuladas, verificaram que o número médio de estruturas e de embriões viáveis, classificados como G1, recuperados de doadoras nulíparas foi maior no período chuvoso que no período seco, não sendo observada diferença nas doadoras pluríparas. O fato observado com as pluríparas, segundo os autores, deve-se à adaptabilidade ao clima adquirida pelas fêmeas mais velhas.

Segundo Rensis e Scaramuzzi, (2003) encontraram uma variação de 20 e 30% na taxa de concepção quando compararam as estações quente e fria. Os autores citam que no período quente, ocorre uma redução no apetite e no consumo de matéria seca, desta maneira, prolonga-se o período pós-parto de balanço energético negativo, diminuindo a taxa de concepção das matrizes.

López-Gatius (2003), também encontrou um menor percentual de vacas cíclicas (73,6%) no período quente do ano quando comparado com 93,5% no período frio. Os percentuais de ovários inativos e císticos foram, respectivamente, de 1,2 e 2,4% para o período frio e de 12,9 e 12,3% para o período quente.

García-Ispiero et al., (2006) correlacionando perdas gestacionais de fêmeas Holandesas com o índice de temperatura e umidade (ITU) observaram que, com o aumento do ITU a partir de 65, já ocorre um aumento também significativo de perdas de prenhez de 8%, passando para 12% quando este índice ultrapassa o valor de 69. Os autores verificaram, ainda, um maior percentual de prenhez (55,5%) no período frio se comparado com o período quente (44,5%), consequentemente as perdas gestacionais no período frio foram menores (2,1%) quando comparadas com o período mais quente (12,3%).

A elevada temperatura a que um embrião está exposto leva-o a tornar-se hipertérmico, podendo levá-lo à morte. O efeito deletério no desenvolvimento embrionário depende do dia relativo à ovulação em que as vacas são submetidas ao estresse térmico (HANSEN, 2005).

Efeitos nos machos

A temperatura ambiente é o fator de maior importância na espermatogênese dos machos de qualquer espécie e, quando muito elevada (da ordem de 34,5°C), é prejudicial tanto às etapas de formação dos espermatozoides como àqueles elementos já formados e em trânsito pelo epidídimo (MIES FILHO, 1987).

A testosterona é o hormônio que regula a espermogênese, a expressão dos caracteres sexuais secundários e o comportamento sexual (TODINI et al., 2007).

Salles (2010) relatou aumento nos níveis de testosterona no período do ano de maior desconforto térmico. Porém, Coelho et al. (2008) mostraram que bodes submetidos ao estresse térmico não tiveram variação na concentração de testosterona. Portanto ainda há poucas informações sobre alterações na testosterona provenientes de estresse térmico.

Salles (2010) mostrou que os elementos climáticos tiveram influência sobre os parâmetros reprodutivos de machos caprinos, principalmente no período seco, no qual a temperatura ambiente mais elevada diminuiu a qualidade seminal, decorrente de uma redução da porcentagem de espermatozoides móveis e do aumento das patologias espermáticas.

As características do sêmen não são imediatamente alteradas por mudanças na temperatura testicular porque as células espermogênicas danificadas só entram no ejaculado algum tempo após o estresse. No touro, por exemplo, em que a espermogênese leva cerca de 60 dias, as alterações no sêmen ocorrem, aproximadamente, duas semanas após o estresse térmico e não voltar ao normal até oito semanas após o final do estresse (MULLER, 1983). A bipartição do escroto aumenta a superfície de troca de calor com o meio, auxiliando o mecanismo termorregulatório no controle da temperatura intratesticular, sendo um fator de adaptação dos caprinos em regiões áridas e semiáridas (SALVIANO & SOUZA, 2008).

Rocha et al. (2018) estudaram a característica de escroto bipartido em ovinos como parâmetro indicativo de adaptação aos climas semiáridos e concluíram que o escroto bipartido em carneiros, mostrou-se um indicador evolutivo, pois os animais com essa característica apresentaram dissipação de calor mais eficiente. Santos et al. (2015) estudando a influência da estação do ano sobre a estrutura testicular em ovinos, concluíram que a estação do ano exerceu influência sobre a estrutura testicular de ovinos.

De acordo com Eloy e Pereira (2013), o estresse térmico na reprodução de caprinos machos, tem efeito sobre os elementos de formação de gametas e função reprodutiva do macho.

Batista (2018) estudando sazonalidade climática sobre a performance reprodutiva de ovinos e caprinos criados no semiárido paraibano, verificaram que parâmetros reprodutivos avaliados sofrem influência negativa exercida pela temperatura ambiente na época seca que interferiram sobre os parâmetros seminais, apresentando uma maior porcentagem de patologias espermáticas.

Batista (2022) em estudos, avaliando as características adaptativas, fisiológicas e reprodutivas de ovinos do grupo genético Soinga na estação chuvosa e seca, verificou que, ovinos do grupo genético Soinga mantiveram a homeotermia em condições climáticas do semiárido nas épocas chuvosa e seca do ano. Ovinos Soinga não apresentaram grandes variações hormonais exceto em relação a testosterona que se mostrou elevada na estação seca. A qualidade seminal apresentou pouca variação nas épocas estudadas, sendo considerado satisfatório para a atividade reprodutiva, bem como não apresentaram diferenças na qualidade seminal pós-descongelamento (BATISTA, 2022).

4. Considerações Finais

O estresse térmico é responsável por alterações metabólicas que comprometem o funcionamento de diversos sistemas fisiológicos, incluindo o reprodutivo. Para ampliar a produtividade nas regiões semiáridas, destaca-se a importância de selecionar e criar raças com maior potencial genético de adaptabilidade às condições climáticas adversas, capazes de sobreviver, reproduzir e manter bons níveis produtivos sob estresse térmico.

Além disso, a implantação da estação de monta nos períodos mais amenos do ano pode favorecer o desempenho reprodutivo, aumentando a taxa de concepção das fêmeas e a fertilidade dos machos. Recomenda-se, ainda, a preferência por reprodutores que apresentem a característica anatômica de **bipartição escrotal**, por favorecer a dissipação de calor e contribuir para a manutenção da temperatura testicular adequada, fator essencial para a qualidade seminal e o sucesso reprodutivo.

Referências

BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: Simpósio Internacional de Bioclimatologia Animal nos Trópicos: Pequenos e Grandes Ruminantes, 1., 1990, Sobral-CE. *Anais...* Sobral: Embrapa-CNPC, 1990. p.9-17.

BACCARI JUNIOR, F.; POLASTRE, R.; FRÉ, C. A.; ASSIS, P. S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. In: Reunião Anual da Sociedade de Zootecnia, 23., 1986, Campo Grande-MS. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 1986. 316p.

BATISTA, L. F. **Avaliação da sazonalidade climática sobre a performance reprodutiva de ovinos e caprinos criados no semiárido paraibano.** 2018. 86 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, 2018.

BATISTA, L. F. **Características adaptativas, fisiológicas e reprodutivas de ovinos do grupo genético Soinga na estação chuvosa e seca.** 2022. 137 f. Tese (Doutorado em Ciência e Saúde Animal) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, 2022.

COELHO, L. A. et al. Concentrações plasmáticas de testosterona, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) em bodes submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 6, p. 1338-1345, 2008.

ELOY, A. M. X.; PEREIRA, E. P. Estresse na reprodução de caprinos machos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 37, n. 2, p. 156-163, 2013.

GARCÍA-ISPIERTO, I. et al. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, v. 65, p. 799-807, 2006.

HANSEN, P. J. Managing the heat-stressed cow to improve reproduction. In: Western Dairy Management Conference, 7., 2005, Reno, NV. **Proceedings...** p. 63-76. Disponível em: <http://www.wdmc.org/2005/Hansen05.pdf>.

LÓPEZ-GATIUS, F. Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in Northeastern Spain. **Theriogenology**, v. 60, p. 89-99, 2003.

MEDEIROS, L. F. D. **Bem-estar e produção animal**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2007. Disponível em: www.iz.ufrj.br/zootecnia_draa/Biblioteca/Fernando/Estresse_e_estressores.pdf. Acesso em: 2017.

MIES FILHO, A. **Reprodução dos animais e inseminação artificial**. 4. ed. Porto Alegre: Sulina, 1987. v. 1, 364 p.

MULLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 1989. p. 189.

NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, p. 67-73, 2011.

PEREIRA, C. C. J. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195 p.

PEREIRA, G. M. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 83–88, 2011.

REECE, W. O. **Fisiologia de animais domésticos**. São Paulo: Roca, 1996. 351 p.

RENSIS, F. D.; SCARAMUZZI, J. R. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow: a review. **Theriogenology**, v. 6, p. 1139-1151, 2003.

ROCHA, E. F. et al. Scrotum bipartite in sheep as a parameter indicative of adaptation to semi-arid climates: a thermographic and reproductive study. **Theriogenology**, v. 121, p. 91-96, 2018

SALLES, M. G. F. **Parâmetros fisiológicos e reprodutivos de machos caprinos Saanen criados em clima tropical**. 2010. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Ceará, CE.

SALVIANO, M. B.; SOUZA, J. A. T. Avaliação andrológica e tecnologia do sêmen caprino. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 32, n. 3, p. 159-167, 2008. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/RB167_Salviano_pag_159-167.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2016.

SANTOS, J. D. F.; EUFRASIO, R. O.; PINHEIRO, G. F. M.; ALVES, F. R.; CARVALHO, M. A. M.; MACHADO JÚNIOR, A. A. N. Influência da estação do ano sobre a estrutura testicular em ovinos explorados no sul do Estado do Piauí. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 933-939, 2015.

SELYE, H. Syndrome produced by diverse nocuous agentes. **Nature**, v. 138, p. 32-38, 1936.
SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, p. 1-18, 2000. Disponível em: <<http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/livest/article/PIIS0301622600001627/abstract>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

SILVA, R. G. **Introdução á bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, S. V. et al. Efeito das condições reprodutivas e climáticas na produção de embriões de cabras Boer superovuladas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 3, p. 570-575, 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/5122>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

TODINI, L. et al. Seasonality of plasma testosterone in males of four Mediterranean goat breeds and in three different climatic conditions. **Theriogenology**, v. 67, p. 627-631, 2007.

VIANA, M. P. Efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia, produção e reprodução de caprinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 01-08, 2013.

CAPÍTULO IV

Uso de índices ambientais e de conforto térmico na avaliação da termorregulação de ovinos em regiões tropicais *Use of environmental and thermal comfort indices in assessing thermoregulation of sheep in tropical regions*

Autores e afiliações

Maycon Rodrigues da Silva¹; Bonifácio Benício de Souza^{2,*}; Ariádne de Barros Carvalho¹; Dermeval Araújo Furtado²; Talícia Maria Alves Benício³; Nágela Maria Henrique Mascarenhas²; Patrício Borges Maracajá⁴; Tayana Adélia Palmeira Gomes Nepomucena³; Aline Carla de Medeiros⁴

¹ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

² Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

³ Universidade Estadual do Tocantins – UNITINS, Palmas-TO, Brasil.

⁴ PPGSA/CCTA/UFCG – Pombal-PB, Brasil.

*Autor correspondente: * bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi descrever os métodos que têm sido utilizados para avaliar a termorregulação em ovinos, enfatizando a relação entre índices de conforto térmico (ITGU e ITU) e variáveis em regiões de clima tropical. O levantamento dos dados foi realizado por meio de busca em bases de dados renomadas, como “Scopus”, “Scielo”, “Pubmed”, “Web of Science”, “Embase” e “Directory of open access journals”, nas dependências da Laboratório de Bioclimatologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG - CSTR). Eles foram selecionados com os seguintes descritores: “sheep” (ovelha), “thermal stress” (thermal stress) e “physiological answers” (respostas fisiológicas), considerando estudos publicados em inglês e português a partir do ano de 2011 de acordo com os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecida. De um total de 66 artigos, 18 foram selecionados por atenderem aos critérios de inclusão e exclusão, que levam em consideração: ano de publicação, espécie ovina, ambiente com altas temperaturas e utilização dos índices ITGU e ITU associados à resposta termorreguladora. Observou-se a utilização de métodos semelhantes para relacionar os índices de conforto térmico com as respostas fisiológicas, sendo o ITGU o mais utilizado pelos autores, seguido do

ITU. Houve relação entre os altos índices e alterações fisiológicas, principalmente aumentos na FR indicando estresse térmico. Em outras situações, mesmo que o ambiente tenha sido apontado como altamente estressante, as ovelhas conseguiram manter a homeotermia. Destacou-se a necessidade de mais pesquisas para estabelecer e adaptar índices de conforto térmico específicos para ovinos criados em regiões de clima tropical.

Palavras-chave - Ovinos, estresse térmico, respostas fisiológicas

Abstract

The objective of this work was to describe the methods that have been used to evaluate thermoregulation in sheep, emphasizing the relationship between thermal comfort indices (ITGU and ITU) and variables in tropical climate regions. The data survey was carried out through a search in renowned databases, such as “Scopus”, “Scielo”, “Pubmed”, “Web of Science”, “Embase” and “Directory of open access journals”, on the premises from the Bioclimatology Laboratory of the Federal University of Campina Grande (UFCG - CSTR). They were selected with the following descriptors: “sheep” (sheep), “thermal stress” (thermal stress) and “physiological responses” (physiological responses), considering studies published in English and Portuguese from the year 2011 according to the inclusion criteria and pre-established exclusion. From a total of 66 articles, 18 were selected because they met the inclusion and exclusion criteria, which take into account: year of publication, sheep species, environment with high temperatures and the use of ITGU and UTI indexes in association with thermoregulatory response. The use of similar methods to relate thermal comfort indices to physiological responses was observed, the ITGU being the most used by the authors, followed by the ITU. There was a relationship between the high indices and physiological changes, especially increases in RR indicating thermal stress. In other situations, even though the environment was indicated as being highly stressful, the sheep managed to maintain the homeotherm. The need for further research to establish and adapt specific thermal comfort indices for sheep raised in tropical climate regions was highlighted.

Keywords - sheep, heat stress, physiological responses

1. Introdução

A humanidade enfrentará no decorrer das próximas décadas, sucessivas mudanças climáticas, em especial a elevação da temperatura global da superfície, e isso fará com que os efeitos do estresse térmico devido as mudanças no clima se tornem mais severos e frequentes (HABIBU et al., 2018; SERRANO et al., 2022; IPCC, 2021). Alterações nas temperaturas do gelo ártico e antártico, ondas de calor, flutuações nos padrões das chuvas, acidificação do oceano, eventos climáticos extremos, como a seca, são alguns dos efeitos hostis das mudanças climáticas (UNFCCC, 2014; SEJIAN et al., 2019).

Nas regiões tropicais e subtropicais vem ocorrendo um crescimento da atividade agropecuária em termos de produção e produtividade, contudo, devido ao aquecimento global, o rendimento tende a baixar em até 20% (Jones e Thornton, 2013) até o ano 2050, o que provocará

efeitos negativos na produtividade agropecuária, que é afetada diretamente pelas alterações meteorológicas (SERRANO et al., 2021).

A susceptibilidade de ovinos às mudanças climáticas é menor quando comparado a outros rebanhos (TITTO et al. 2016). São animais que podem resistir aos estresses impostos pelo aumento da temperatura, pouca disponibilidade de pasto, doenças e escassez de água, mas quando expostos continuamente a essas condições ambientais, ao passo que carga de calor aumenta, há a possibilidade de redução significativa da capacidade de produção e reprodução.

Em pesquisas realizadas em ovinos, a utilização de índices que permitem avaliar as interações da temperatura ambiente, umidade relativa, e fatores como radiação e velocidade do vento são determinantes para o conhecimento dos impactos do clima sobre esses animais (BAÊTA e SOUZA, 2010; BUFFINGTON et al., 1981). O índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), índice de temperatura e umidade (ITU) e carga térmica de radiação (CTR) têm sido utilizados e analisados junto as respostas fisiológicas em diversos trabalhos na área de Bioclimatologia e Ambiência (SOUZA et al., 2012; DANTAS et al., 2015; FURTADO et al., 2017; TORRES et al., 2017; MASCARENHAS, 2018).

Esse tipo de avaliação tem grande contribuição na busca por soluções eficientes para ovinocultura em regiões de clima quente, aprofundando o conhecimento sobre os fatores envolvidos na capacidade desses animais suportarem às altas cargas de calor e outros estressores ambientais. Além disso, contribui para identificação, melhoramento e disseminação de raças e grupos genéticos de ovinos com aptidões diferenciadas, ligadas à adaptação ao calor, almejando uma maior variabilidade genética de ovinos resistentes às intempéries presentes em regiões de clima quente.

Diante da existência de vários trabalhos relacionando o uso de índices de conforto térmico à resposta termorregulatória dos animais, a confecção de uma revisão sistemática permite um melhor entendimento de como estes índices vêm sendo aplicados, e como podem auxiliar no entendimento das alterações das funções biológicas dos animais criados em regiões tropicais.

Revisão sistemática é uma forma de pesquisa que reúne estudos para identificar, selecionar e avaliar criticamente sobre uma questão previamente formulada obedecendo critérios metodológicos, o que a torna menos propensa a vieses (OLIVEIRA et al., 2010). A partir disso, este trabalho teve como objetivo descrever os métodos que vêm sendo utilizados para avaliar as características termorregulatórias de ovinos, enfatizando a relação entre os índices de conforto térmico e as principais variáveis fisiológicas mensuradas em estudos feitos em regiões tropicais.

2. Material e Métodos

2.1 Local

O levantamento dos dados consistiu em quatro fases de avaliação, e o levantamento dos dados foi realizado de 25 a 28 de junho de 2021 nas dependências do Laboratório de Bioclimatologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG - CSTR) utilizando a ferramenta “buscar bases” disponível na página da Periódicos CAPES, fato que constituiu a primeira fase da presente revisão.

Na segunda fase os artigos foram selecionados por meio de busca em bases de dados renomadas, sendo essas “Scopus”, “Scielo”, “Pubmed”, “Web of Science”, “Embase” e “Directory of open access journals”. Foram utilizados como termos de busca os seguintes descritores e

suas combinações em português e inglês “ovinos” (sheep), “estresse térmico” (thermal stress) e “respostas fisiológicas” (physiological responses), bem como suas combinações, conforme fluxograma apresentado na figura 1.

2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Para serem incluídos no trabalho em questão, os estudos agrupados precisaram atender aos seguintes critérios: (I) artigos publicados no idioma inglês ou português; (II) Usando raças ou grupos genéticos de ovinos; (III) Estudos feitos em regiões de clima tropical, incluindo os realizados em ambiente controlado (câmara climática); (IV) trabalhos que analisaram os resultados junto a pelo menos um dos índices ambientais: índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e índice de temperatura e umidade (ITU).

Na terceira fase, excluíram-se revisões de literatura, trabalho de conclusão de curso, teses e dissertações, bem como os artigos duplicados e os que não contemplaram os critérios estabelecidos, elencando apenas artigos de pesquisa aplicada, restando 66 exemplares.

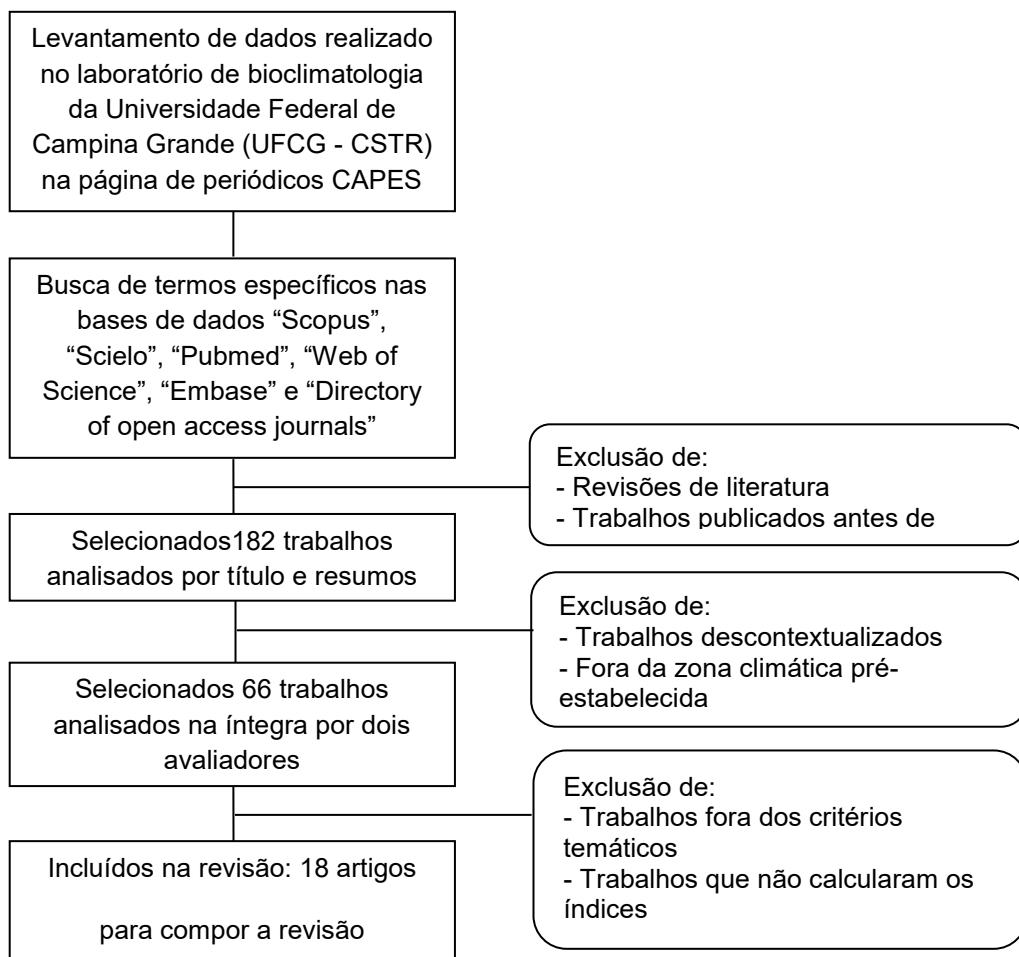


Figura 1 Fluxograma de busca de artigos

2.3 Avaliações e escolhas dos estudos

Os artigos foram avaliados por dois avaliadores e com base nos critérios de inclusão e exclusão foram selecionados 18 estudos, publicados no período de 2015 a 2020, para compor a revisão. Os dados dos períodos ou épocas mais propensas a causar estresse por calor nos ovinos, a exemplo dos turnos da tarde, verão e épocas de baixos volume de chuvas foram preferencialmente considerados para discussão e avaliação crítica dos trabalhos selecionados, com base nos índices de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e índices de temperatura e umidade (ITU).

3. Resultados e Discussão

As regiões geográficas de origem das pesquisas selecionadas estão dentro das zonas de clima tropical, árido e semiárido. Os climas secos dessas regiões (áridas e semiáridas) são caracterizados por baixos índices pluviométricos e altas temperaturas que predominam ao longo do ano. Sobre essas regiões, cabe ressaltar que, embora os descritores utilizados na pesquisa não se tenham especificado nenhum país, ou seja, o que torna a análise de abrangência mundial, os artigos selecionados foram em sua grande maioria desenvolvidos no Brasil.

Os outros estudos foram realizados nos Estados Unidos, Índia, Venezuela e Austrália, sendo que do total dos artigos selecionados, 61,2% foram aceitos para publicação em revistas estrangeiras e os outros 38,8% em revistas nacionais. No Brasil, a maioria desses estudos se concentraram no Nordeste do país, perfazendo 77%.

Os trabalhos realizados no Brasil foram publicados entre o ano de 2015 a 2020, e foi o único país que publicou estudos considerando o índice de tolerância ao calor (ITC), a carga térmica radiante (CTR) junto ao ITGU e a frequência cardíaca (FC) e temperatura timpânica (TT) entre as respostas fisiológicas avaliadas. As pesquisas da Índia e Austrália consideraram calcular apenas o índice de temperatura e umidade ITU, sendo os trabalhos indianos os únicos que verificaram a Frequência de pulso (FP) no ano de 2017 e 2019. O estudo realizado nos Estados Unidos calculou o ITU e o índice de carga de calor (HLI). O coeficiente de tolerância ao calor (CTC) foi considerado apenas pelo trabalho desenvolvido na Venezuela que foi aceito para publicação em 2018 (tabela 1). Cabe frisar que os artigos selecionados utilizaram ovinos deslanados e parcialmente lanados como objeto de estudo e as raças dos animais utilizadas nos trabalhos mostraram-se variáveis, com a predominância de exemplares da raça “Morada Nova” e “Santa Inês”. O N amostral de cada experimento variou de 6 animais até 383 animais entre os delineamentos experimentais utilizados pelos autores, as diferentes análises estatísticas poderão ser consideradas em momento posterior para verificar a viabilidade de realizar análise meta-analítica dos dados.

Quanto ao sexo, a maioria das avaliações encontradas foram obtidas em fêmeas não gestantes e fora do período de lactação, sendo que nos trabalhos que usaram machos, todos optaram por usar animais não castrados. Os experimentos foram organizados para coleta de dados em rebanhos nas suas condições naturais, assim como em distintos sistemas, principalmente o sistema intensivo, que foi o mais encontrado nos trabalhos, e o extensivo e semi-extensivo logo em seguida. Apenas 2 dos estudos foram desenvolvidos em câmara climática (ambiente controlado).

Tabela 1. País de origem, índices ambientais e de conforto térmico, respostas fisiológicas, e ano de publicação dos estudos.

País de origem do estudo	Índices calculados	Respostas fisiológicas	Ano de publicação
BRASIL	ITGU, THI, CTR, ITC	FR, TR, FC, TS, TT	2015 a 2020
ÍNDIA	THI	FR, TR, TS E FP	2017 e 2019
ESTADOS UNIDOS	THI e HLI	FR, TR	2019
VENEZUELA	THI, CTC	FR, TR, TS	2018
AUSTRÁLIA	THI	FR, TR, TS	2020

Os dados ambientais foram obtidos por meio de estações meteorológicas instaladas nos locais dos experimentos, com o uso de diversos aparelhos meteorológicos como data logger, termômetros, termohigrômetros e anemômetros digitais portáteis e sensores eletrônicos. Estes, instalados no centro dos galpões ou locais de estudo e posicionados na altura do dorso dos animais, registrando os dados durante os períodos experimentais.

As respostas fisiológicas avaliadas foram a temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), além das temperaturas superficial da pele (TS) e temperatura timpânica (TT). Foram avaliados os perfis endocrinológicos e características morfológicas, como parâmetros sanguíneos, bioquímicos e hormonais; e morfologia da pelagem a partir da espessura da pelagem (CT), comprimento (HL), diâmetro (HD) e densidade (D) dos pelos.

Dentre os estudos descritos todos analisaram a temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR), embora apenas três incluíram a frequência cardíaca (FC) nas aferições. A verificação da temperatura superficial (TS) foi feita em 11 trabalhos, e apenas o trabalho de Souza et al (2015) incluiu a temperatura timpânica (TT). Em 4 artigos foram avaliadas respostas comportamentais, envolvendo comportamento ingestivo e consumo de água.

Sobre os índices de conforto térmico, foi evidenciado o cálculo de pelo menos um dos índices descritos nos critérios de inclusão para seleção dos trabalhos, e estiveram presentes além dos pré-estabelecidos (ITGU e ITU), a CTR, ITC e CTC, usados isoladamente ou associados, para estimar o grau de estresse que o ambiente possa causar nos animais, através de variáveis únicas representadas para cada índice. Um único valor representa a associação dos efeitos da energia radiante, temperatura do ar e velocidade do vento, permitindo concluir sobre o nível de conforto ou desconforto que um determinado ambiente proporciona aos animais.

Como critérios para avaliação do conforto térmico, com base na temperatura do ponto de orvalho e temperatura do globo negro, os trabalhos que calcularam o ITGU, seguiram o modelo indicado para vacas leiteiras a partir da equação proposta por Buffington et al., 1981:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 T_{po} + 41,5$$

Em que:

ITGU: índices de temperatura de globo negro e umidade, °C;

T_{gn} : temperatura do globo negro, °C;

T_{po} : Temperatura do ponto de orvalho, °C.

Para estimar a severidade do estresse térmico com base na temperatura do ar e umidade relativa, os estudos usaram o ITU (THI), calculando conforme Marai et al. (2007), usando a seguinte equação quando a TA foi obtida em (°C):

$$ITU = TA - \{(0,31 - 0,31 * UR) * (TA - 14,4)\}$$

Da mesma forma, quando a TA foi obtida em (°F), o ITU foi calculado seguindo a equação proposta pelo Livestock and Poultry Heat Stress Indices, da universidade de Clemson, EUA (LPHSI, 1990):

$$ITU = TA - \{(0,55 - 0,55 * UR) * (TA - 58)\}$$

Em que:

ITU: índice de temperatura e umidade,

TA: temperatura do ar, °C

UR: umidade relativa do ar, %.

Os trabalhos que consideraram calcular a CTR, o fizeram conforme a proposta de Esmay (1969) pela equação de Stefan-Boltzmann:

$$CTR = \sigma(TMR)^4$$

Em que:

CTR: Carga Térmica Radiante W.m⁻²

σ = constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8}$, W.m⁻² K⁻⁴

TRM = Temperatura Radiante Média, K.

Temperatura Radiante Média foi obtida através da seguinte equação:

$$TMR = 100 \sqrt[4]{2,51} \cdot \sqrt{V} \cdot (Tgn - Tbs) + \left(\frac{Tgn}{100} \right)^4$$

V = velocidade do ar (m.s⁻¹);

Tgn = temperatura de globo negro, em K;

Tbs = temperatura de bulbo seco, em K.

Os trabalhos avaliaram de diversas formas a termorregulação de ovinos sob altas temperaturas em regiões de clima tropical semiárido, tanto em condições naturais, quanto em ambiente controlado com o uso de câmaras climáticas (LEITE et al., 2019; JOY et al., 2020). Os estudos obtiveram os índices de conforto térmico: ITGU, ITU e CTR, que foram calculados isoladamente ou associados a partir das propostas encontradas na literatura de referência (BUFFINGTON et al., 1981; MARAI et al. 2007). De acordo com os resultados dos índices, os ambientes foram analisados em função das horas do dia (abrangendo manhã e tarde), épocas do ano (seca e chuvosa), assim como estações (verão, outono, primavera e inverno).

De 2015 até 2020 trabalhos como os de Costa et al., 2015; Nobre., 2016; Pantoja et al., 2017; Rathwa et al., 2017; Nobre et al., 2018; Silva et al., 2019; Machado et al., 2020 consideraram entre suas análises, variáveis comportamentais; níveis de suplementação na dieta; perfis endocrinológicos; características morfológicas, e parâmetros sanguíneos, bioquímicos e hormonais.

Sobre o ITGU, 12 estudos calcularam esta variável, o que representa 66,67% dos artigos selecionados. Desses, 4 (33%) consideraram apenas este índice isoladamente, 2 (16,66%) usaram junto ao ITU e 6 (50%) obtiveram junto à CTR. De acordo com Buffington et al., 1981, valores de ITGU até 74 indicam uma situação de conforto para os animais, de 74 a 78 estresse leve; entre 79 e 84 uma situação perigosa e acima de 84, indicam uma situação de emergência. Tais valores de referência não são específicos para a espécie ovina, sobretudo os autores adotam esses parâmetros como base para seus estudos.

A partir dessa evidência, vale ressaltar que dos 12 estudos que calcularam o ITGU, em apenas 3 (25%) foram relatados valores inferiores a 74, e 7 (58,33%) foram encontrados valores acima de 84. Demonstrando que na maior parte dos estudos o ambiente em que os animais se encontravam era de estresse leve a emergência. O que não significa que os animais sofreram estresse por calor devido a esses resultados.

Costa et al. (2015) encontraram valor de ITGU médio no verão de 85,5, no entanto, os valores da FR abaixo de 60 mov/min e TR menor que 40,5°C indicaram que os animais não apresentaram estresse elevado, estando bem adaptados as condições locais. As variações da frequência respiratória permitem avaliar de forma quantitativa o estresse térmico em ruminantes, de forma que a frequência respiratória de 40-60; 60-80 e 80-120 mov./min, caracterizam, respectivamente estresse baixo, médio-alto e alto e acima de 200 mov./min, seria caracterizado estresse severo em ovinos (SILANIKOVE, 2000).

Situação semelhante ao que foi citado anteriormente, foi relatada em estudo com ovinos Morada Nova e Santa Inês avaliados no verão, em que mesmo o ITGU demonstrando situação de alerta, os animais mantiveram os movimentos respiratórios entre 40 e 60 mov/min, indicando baixa necessidade de perda de calor sensível através das vias respiratórias (Pantoja et al., 2017). Mesmo este índice estando elevado ao ponto indicar condições severas (94,16 e 90,46), para ovinos da raça Morada Nova conseguiram manter a FR e TR na época seca dentro dos limites fisiológicos e fora dos valores considerados estressantes para espécie (LEITE et al., 2018a; LEITE et al., 2018b; COSTA et al., 2018).

Nobre et al. (2016) evidenciou estresse médio-alto e alto no período da tarde, confirmado pelos valores máximos de elevação da FR dos animais no período da tarde em 79,98 e 86,18 mov/min., estando em situação de emergência de acordo com o valor do ITGU de 84,65

(SILANIKOVE 2000; BUFFINGTON et al., 1981). O mesmo autor relatou ITGU médio de 78,7 no turno da tarde e elevações da FR chegando a 105 mov/min (NOBRE et al., 2018).

Os valores de ITU foram obtidos em 8 (44%) trabalhos, metade desses usados de forma isolada e 2 (25%) calculados e analisados junto do ITGU. Este índice, de acordo com Marai et al., 2007, representa o grau de estresse térmico de acordo com os valores em °C: < 22,2 = ausência de estresse térmico; 22,2 a 23,3 = estresse térmico moderado; 23,3 a 25,6 = estresse térmico severo; e ≥ 25,6 = estresse térmico extremo severo.

Foi relatado que os dados do ITU no estudo de Pantoja et al. (2017) estavam acima de 30, indicando a possibilidade de estresse severo, no entanto os ovinos avaliados não elevaram a FR acima dos níveis de normalidade, não indicando condições de estresse de acordo com Silanikove (2000). Da mesma forma, se comportaram os dados avaliados por Mohapatra et al. (2019), que relatou valor médio de ITU de 37, embora os animais não apresentaram FR superiores a 60 mov/min., estando dentro dos limites fisiológicos que não apresentam desconforto térmico.

Houve um aumento de 51,1% (29,46 para 45,57) da FR quando o ITU atingiu o valor de 30 em câmara climática na temperatura de 32°C, mesmo assim as alterações da FR e TR não atingiram valores considerados estressantes, mesmo tendo elevados tais respostas para manter a homeotermia (LEITE et al., 2019). Assim como o estudo anterior, Joy et al. (2020), avaliando ovinos em câmara climática encontrou ITU de 34,4 nas temperaturas mais elevadas (>35°C), o que causou aumento da FR nos grupos genéticos estudados e evidenciou a raça Dorper sendo mais tolerante ao calor, mesmo com sua FR atingindo 164 mov/min.

Entre trabalhos que calcularam o ITU com base na temperatura do bulbo seco em °F, segundo o LPHSI (1990), foram relatados os maiores valores de ITU variando entre 80,1 e 85,7 (RATHWA et al., 2017; REYES et al., 2018; TADESSE et al., 2019). Os valores obtidos sugerem o seguinte: <82 = ausência de estresse térmico; 82 a 84 = estresse térmico moderado; 84 a 86 = estresse por calor severo e mais de 86 = estresse por calor extremo severo (LPHSI, 1990). Contudo, esses achados não implicam dizer que houveram alterações das respostas fisiológicas que representassem estresse elevado, tendo em vista os valores de 82,9 e 85,7 encontrados por Tadesse et al. (2019) para o ITU não ter causado estresse excessivo nos animais avaliados.

Ao obter o ITU de 82,55 em estação de verão, Rathwa et al. (2017) relatou alterações da FR e TR, bem como de outras variáveis que indicavam que os animais estavam sob estresse térmico, evidenciando que devem ser considerados outros fatores para verificar o grau de estresse que o ambiente causou aos animais. Em estudo em ambientes com e sem sombra, Reyes et al. (2018) concluíram que o valor de ITU maior ou igual a 80, estão relacionados com o desconforto térmico em ovinos.

4. Considerações Finais

Os efeitos do clima sobre a produção de animais e a interação entre as respostas fisiológicas e as características de adaptação das raças têm impulsionado várias pesquisas envolvendo índices de tolerância ao calor.

Os parâmetros fisiológicos FR e TR associados aos índices ambientais são os principais indicadores de estresse ou desconforto térmico para ovinos criados em regiões tropicais.

São necessários estudos que estabeleçam índices ambientais como parâmetros específicos para a espécie ovina, considerando o alto grau de adaptação e tolerância ao calor de genótipos criados em regiões tropicais.

Referências

BAÊTA, F.C; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, 269p. 2010.

BUFFINGTON, D.E; COLLAZO-AROCHO, A; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v.24, n.3, p. 711-714, 1981.

COSTA, Wirton Peixoto; FAÇANHA, Débora Andréa Evangelista; LEITE, Jacinara Hody Gurgel Morais et al. **Semina - Ciencias Agrárias**, n.36, v.6, 4589-4600, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4589>.

SILVA, Wilma Emanuela da; LEITE, Jacinara Hody Gurgel Morais; SILVA, Wallace Sóstene Tavares et al. Seasonal variations in thermoregulatory patterns enable Morada Nova sheep to adapt to Brazilian semi-arid. **Semina - Ciencias Agrárias**, v.40, n.4, p.1577–1594, 2019. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n4p1577>.

DANTAS, Nayanne Lopes Batista; SOUZA, Bonifácio Benicio de; CÉZAR, Marcílio Fonte et al. Estudos da coloração do pelame em relação às respostas produtivas de ovinos mestiços sob estresse calórico. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.16, n.2, p.397-407, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000200014>.

ESMAY M.L. **Principles of animal environment**, 2ed. AVI, Wastport, 1969.

FURTADO, Dermerval Araujo; OLIVEIRA, Francisco Miguel de Melo, SOUSA, Wandrik Hauss. Thermal comfort indexes and physiological parameters of Santa Inês and crossbreed ewes in the semi-arid. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.5, n.2 p.72-77, 2017. <http://dx.doi.org/10.31893/2318-1265jab.v5n2p72-77>

HABIBU, B., DZENDAJ, T., AYOL, O. et al, Haematological changes and plasma fluid dynamics in livestock during thermal stress, and response to mitigative measures. **Livestock Science**, v.214, p.189-201, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.05.023>.

IPCC. 2021. **Climate Change 2021: the Physical Science Basis**. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-new-climate-report-clarion-call-urgent-action>> Acesso em 10 de agosto de 2022.

JONES, P.G., THORNTON, P.K. The potential impacts of climate change in tropical agriculture: The case of maize in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change**, v.13, n.1, p.51-59, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(02\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00090-0)

JOY, A., DUNSHEA, F. R., LEURY, B. J. et al, Comparative Assessment of Thermotolerance in Dorper and Second-Cross (Poll Dorset/Merino x Border Leicester) Lambs. **Animals**, v.10, n.12, 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10122441>

LEITE, Jacinara Hody Gurgel Moraes; ASENSIO, Luis Alberto Bermejo; SILVA, Wallace Sostene Tavares da, et al. Locally adapted brazilian sheep: a model of adaptation to Semiarid region. **Semina - Ciencias Agrárias**, v.39, n.5, 2261–2272, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n5p2261>.

LEITE, G.M.J.H., FACANHA, D.A.E, COSTA, W.P. Thermoregulatory responses related to coat traits of Brazilian native ewes: an adaptive approach. **Journal of Applied Animal Research**, v.46, n.1, p.353–359, 2018. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1302877>

LEITE, P.G., MARQUES, J.I., FURTADO, D.A., Ethology, physiological, and ingestive responses of sheep subjected to different temperatures and salinity levels of water. **International Journal of Biometeorology**, v.63, n.8, p.1091–1098, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01724-y>

LPHSI, 1990. **Livestock and Poultry Heat Stress Indices** - Agriculture Engineering Technology Guide. Clemson University, Clemson, SC 29634, USA.

MACHADO, F.N.A; FILHO, J.A; OLIVEIRA, K.P.L. (2020). Biological rhythm of goats and sheep in response to heat stress. **Biological Rhythm Research**, v.51, n.7, 1044-1052, 2020. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1573459>

MARAI I.F.M; EL-DARAWANY, A.A; FADIEL, A. Physiological traits as affected by heat stress in sheep. A Review. **Small Ruminant Research**, v.71, n.1-2, p.1-12, 2007.

MASCARENHAS, N.M.H. 2018. 58f. **Variáveis fisiológicas e estruturas de tegumento de ovinos e caprinos criados no semiárido brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Patos, Paraíba. Universidade Federal de Campina Grande.

MOHAPATRA, A, et al. Seasonal rhythmicity of thermoregulatory physiological responses in fat-rumped sheep under semi-arid tropical environment. **Biological Rhythm Research**, v.50, n.6, p.949–956, 2019. <https://doi.org/10.1080/09291016.2018.151821310.1080/09291016>

NOBRE, I.S; ARAUJO, G.G; SANTOS, E.M, et al. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep fed forage cactus silage undergoing intermittent water supply. **Semina - Ciências Agrárias**, v.39, n.4, p.1683–1694, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n4p1683>

NOBRE, I.S; SOUZA, B.B; MARQUES B.A. Avaliação dos níveis de concentrado e gordura protegida sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.1, p.116–126, 2016. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402016000100116&lang=pt

OLIVEIRA, G.M; et al. Systematic review of diagnostic tests accuracy: a narrative review. **Journal of the Brazilian College of Surgeons**, v.37, n.2, p.153-156, 2010.

PANTOJA, M.H.D.A; ESTEVES, S.N; JACINTO, M.A, et al. Thermoregulation of male sheep of indigenous or exotic breeds in a tropical environment. **Journal of Thermal Biology**, v.69, p.302-310, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.09.002>

RATHWA, S.D; VASAVA, A.A; PATHAN, M.M. et al. Effect of season on physiological, biochemical, hormonal, and oxidative stress parameters of indigenous sheep. **Veterinary World**, v.10, n.6, p.650–654, 2017. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.650-654>

REYES, J; HERRERA, M; MARQUINA, J.R. et al. Physical environment and physiological responses in sheep under shade during hours of higher radiation [Ambiente físico y respuestas fisiológicas de ovinos bajo sombra en horas de máxima radiación]. **Archivos de Zootecnia**, v.67, n.259, p.318–323, 2018. <https://doi.org/10.21071/az.v67i259.3786>

SERRANO, J.O; MAYEA, A.L; VILLARES-GARACHANA, A. et al. Effect of short-term radiation stress on physiological and hematological parameters in Pelibuey sheep in Cuba. **Small Ruminant Research**, v.210, p.106679, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106679>. 2022.

SERRANO, J.O; BATISTA, F.A; MANUEL-MALAMBA, F.D. et al. Euclidean distance: integrated criteria to study sheep behaviour under heat stress. **Notulae Scientia Biologicae**, v.13, n.1, p.10859, 2021. <https://doi.org/10.15835/nsb13110859>. 2021.

SEJIAN, V; BAGATH, M; KRISHNAN, G. et al. Genes for resilience to heat stress in small ruminants: A Review. **Small Ruminant Research**, v.173, p.42-53, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.02.009>

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.2, p.1-18, 2000.

SILVA, R.G. **Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente**. São Paulo, Brasil: FUNEP, 2008.

SOUZA, B.B. **Índice de conforto térmico para ovinos e caprinos**: índice de temperatura do globo negro e umidade registrado em pesquisas no Brasil. In: FarmPoint-ovinos e caprinos-radares técnicos – bem-estar e comportamento animal. 2010.

http://www.cstr.ufcg.edu.br/bioclimatologia/artigos_tecnicos/indice_conforto_termico_ovinos_caprinos.pdf

. Acesso em: 21.jan 2022.

SOUZA, B.B; DANTAS, N.L.B; OLIVEIRA, I.J.S. et al. Tympanic, surface and rectal temperatures and respiratory rate of Santa Ines sheep and their crossbreds with Ile de France and Suffolk in Piracicaba, Brazil. **Journal of Animal Behavior And Biometeorology**, v.3, n.3, p.92–96, 2015.

SOUZA, B; BATISTA, N.L; SILVA, J.O. et al. Avaliação da temperatura timpânica para estudos bioclimáticos em ovinos deslanados. **Agropecuária Científica do Semi-árido**, v.8, n.6, p.62-66, 2012. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v8i3.189>

TADESSE, D; PUCHALA, R; GIPSON, T.A. et al. Effects of high heat load conditions on body weight, feed intake, temperature, and respiration of Dorper, Katahdin, and St. Croix sheep. **Journal Of Applied Animal Research**, v. 47, n.1, p.492–505, 2019. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1674658>

TITTO C.G; VERÍSSIMO, C.J; PEREIRA, A.M.F. et al. Thermoregulatory response in hair sheep and shorn wool sheep. **Small Ruminant Research**, v.144, p.341-345, 2016.

TORRES, T.S; SILVA, L.O; BORGES, L.S. et al. Behavioral and thermoregulatory characteristics of Dorper sheep. **Jornal of Animal Behavior and Biometeorology**, v.5, n.3, p.85-90, 2017. <http://dx.doi.org/10.31893/2318-1265jab.v5n3p85-90>

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE

(UNFCCC), 2014. **Global Warming Potentials**. Disponível em:

<http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php>. Acesso em: 08 de Janeiro de 2022.

CAPÍTULO V

Variação nas condições climáticas em diferentes regiões do Estado da Paraíba no período de 2009 a 2018

Variation in climate conditions in different regions of the State of Paraíba in the period from 2009 to 2018

Autores e afiliações

Ariadne de Barros Carvalho, Jefta Ruama de Oliveira Figueiredo, Natália Ingrid Souto da Silva, Rodrigo Formiga Leite, Talícia Maria Alves Benício, Maycon Rodrigues da Silva, Nágela Maria Henrique Mascarenhas, Danilo Leite Fernandes, Expedito Danúsio de Souza, Bonifácio Benício de Souza*

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

Universidade Estadual do Tocantins – UNITINS, Tocantins, Brasil.

Instituto Federal do Ceará – IFCE, Ceará, Brasil.

Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

Objetivou-se com este estudo observar e comparar a variabilidade dos elementos climáticos em três estações meteorológicas em diferentes regiões do estado da Paraíba. O trabalho foi realizado a partir do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP, INMET) de três estações meteorológicas nos municípios de: Campina Grande (Agreste), Patos (Sertão) e Sousa-PB (Alto Sertão). As variáveis ambientais estudadas foram: Temperatura de bulbo seco (TBS) ou seja, a temperatura do ar, umidade relativa (UR) e o Índice de temperatura e umidade – ITU (THI), durante um período de 10 (dez) anos (2009 a 2018). Em três horários (21:00, 9:00 e 15:00 horas). Dentre as regiões, a de Campina Grande apresentou melhor conforto térmico, consequentemente melhores condições para a criação de animais. As regiões de Patos e Sousa apresentaram ao longo dos anos o índice de conforto térmico THI elevado, o que demonstra que os cuidados com relação ao ambiente e ao manejo oferecidos aos animais devem ser planejados no sentido de minimizar os efeitos do calor sobre os animais nessas regiões.

Palavras-chave – Zootecnia, clima, mudanças climáticas, estresse térmico.

Abstract

The aim of this study was to observe and compare the variability of climatic elements in three meteorological stations in different regions of the state of Paraíba. The work was carried out from the meteorological database for teaching and research (BDMEP, INMET) of three meteorological stations in the municipalities of: Campina Grande (Agreste), Patos (Sertão) and Sousa-PB (Alto Sertão). The environmental variables studied were: Dry Bulb Temperature (TBS) that is, air temperature, relative humidity (RH) and the Temperature and Humidity Index - THI (THI), over a period of 10 (ten) years (2009 to 2018). At three times (9:00 pm, 9:00 am and 3:00 pm). Among the regions, Campina Grande presented better thermal comfort, consequently better conditions for raising animals. The regions of Patos and Sousa have presented a high THI thermal comfort index over the years, which demonstrates that the care with regard to the environment and the handling offered to the animals must be planned in order to minimize the effects of heat on the animals in these regions.

Keywords - Animal science, climate, climate change, thermal stress.

1. Introdução

A discussão sobre as variações climáticas tem despertado preocupação não apenas da comunidade científica internacional e nacional, como também dos governantes e da sociedade de maneira geral (FERREIRA, 2015). No Nordeste brasileiro, toda essa preocupação se deve principalmente pelas dificuldades de acesso à água, devido à instabilidade climática nesta região (MARENGO, 2010).

Segundo Nimer (1979) o Nordeste brasileiro é classificado como uma das climatologias mais complexas do mundo, devido à irregularidade espacial e temporal na distribuição das chuvas. Como consequência, é possível encontrar nessa região mesorregiões geográficas muito particulares, cujos climas vão do superúmido, característico das zonas litorâneas, até o clima seco do sertão, conhecido como o semiárido nordestino.

Os impactos diretos do clima sobre a produção e a distribuição da produção agrícola no país são apenas alguns dos efeitos econômicos causados por esse fenômeno. A atividade agrícola, afetada diretamente pela mudança climática, repercute sobre diversos setores econômicos (DOMINGUES, et al., 2011).

Monitorar as variáveis climáticas e ambientais em uma determinada localidade significa conhecer os valores que os elementos meteorológicos assumem em instantes de tempo sucessivos no referido local, bem como inspecionar constantemente a qualidade do ar, da água e do solo (SILVA, 2015). Tal conhecimento sobre os dados climáticos é de grande importância pois permite realizar um zoneamento climático e aptidões agropecuárias de determinadas regiões, que sejam sustentáveis e mais seguras para os biomas regionais (MASSAGLI, 2011; MEDEIROS et al., 2016).

Os bancos de dados meteorológicos são planejados para receber, armazenar, processar e disponibilizar dados e informações das diversas variáveis meteorológicas. Tais informações são geradas localmente, por meio de estações convencionais ou automáticas (VIANA, et al., 2017). Há aproximadamente no Brasil 270 estações meteorológicas convencionais e 478 automáticas operadas pelo INMET (RIBEIRO et al., 2017). O estado da Paraíba possui 6 estações convencionais em seu território, sendo elas: São Gonçalo, Patos, Monteiro, Campina Grande, Areia e João Pessoa (INMET, 2019).

Através de variáveis meteorológicas, como a precipitação pluvial, temperatura do ar, vento, radiação solar e umidade relativa do ar, é possível identificar mudanças que, ao longo do tempo, geram modificações nos ecossistemas naturais (SANTOS et al., 2010).

Sob esta ótica, uma alteração no regime das variáveis climáticas de determinada região, pode significar uma mudança no perfil do clima local, fato que pode ser prejudicial a todo o ecossistema da região e ao próprio homem. Com isso, o presente estudo tem por objetivo caracterizar e comparar a variabilidade dos elementos climáticos em três estações meteorológicas em diferentes regiões do estado da Paraíba.

2. Material e Métodos

Localização geográfica e climatologia da região

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. Ao norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco. Apresenta clima tropical úmido no litoral e, à medida que se desloca para o interior, torna-se semiárido sujeito a estiagens prolongadas com índices pluviométricos bastante irregulares. A temperatura média anual varia entre 22 °C e 26 °C, com a mínima podendo chegar a 16 °C nos meses mais frios e a máxima a 38°C entre a primavera e verão (FRANCISCO, 2010).

Dados utilizados

O estudo foi realizado com dados obtidos de estações meteorológicas convencionais em operação pertencentes à rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizaram-se os dados diários de temperatura e umidade obtidos de três estações meteorológicas do estado da Paraíba com uma série de observação de 10 (dez) anos (2009 a 2018). A título de amostragem, os dados coletados foram das estações meteorológicas de Campina Grande, Patos e São Gonçalo, pertencentes às microrregiões da Borborema, Sertão e Alto sertão, respectivamente. As coordenadas geográficas de cada estação se encontram na tabela 1. Uma planilha eletrônica foi elaborada e em seguida foram calculados as médias de todas as variáveis estudadas.

Tabela 1. Localidades incluídas no estudo e suas respectivas coordenadas geográficas

Localidades das estações	Latitude Grau min.	Longitude Grau min.	Altitude Metros
Campina Grande -PB	7° 13' 51''	35° 52' 54''	512
Patos - PB	07° 1'	37° 16'	221
São Gonçalo (Sousa – PB)	6° 46'	38° 12'	220

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as comparações entre as médias dos tratamentos foram realizadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG (Sistema para análise estatística) versão 9.1 – 2007.

3. Resultados e Discussão

Os dados meteorológicos de temperatura de bulbo seco (TBS) acentua uma diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de temperatura nas três cidades nos três horários distintos (Tabela 2). Nas cidades de Campina Grande e Sousa temperaturas menores foram registradas no horário das 21:00h (22,03 °C e 26,43 °C, respectivamente), porém no período da tarde (15:00) a cidade de Sousa registrou 33,27 °C, tal valor próximo ao da cidade de Patos com 33,37 °C, portanto não houve diferença significativa entre as duas cidades para o horário das 15:00h, contrastando com isso, a menor temperatura no período da tarde foi registrado na cidade de Campina Grande com 27,61 °C (Tabela 2), fato que pode ser atribuído a localização geográfica e clima da cidade, sendo, a mais próxima da zona litorânea comparada as demais cidades.

No período da manhã (9:00h) a menor temperatura foi na cidade de Campina Grande com registros de 23,83 °C, seguidos de Souza com 27,14 °C e Patos com 27,46 °C. Quanto à comparação de temperaturas nos diferentes horários na mesma localidade, a cidade de Patos registrou os maiores valores nos três horários analisados, com média de 29,48 °C (Tabela 2), isso se deve ao tipo de clima da região que pela classificação de Koppen é caracterizado como BSh, quente e seco, com altas temperaturas durante a época de estiagem, dificultando assim a produção animal, o que corroborou com estudos desenvolvidos por Neiva et al. (2004) que as condições climáticas alteram diretamente a fisiologia do animal provocando um quadro de estresse, acentuando uma queda na produção.

Campina Grande obteve média de temperatura de 24,49 °C (Tabela 2), o que favorece a criação de vacas mestiças com potencial leiteiro, tendo em vista, que as raças especializadas não conseguiriam manter sua termoneutralidade com as flutuações de temperatura durante o dia, porém, as raças mestiças em estudos desenvolvidos por Costa (2018) no Cariri paraibano os animais apresentaram tanto no sistema intensivo como no semi-intensivo uma produção média adequada. Com relação à temperatura de bulbo seco (TBS) as maiores médias foram observadas no horário das 15:00 horas nas estações de Patos e Sousa, resultado semelhante aos observados

por Souza et al. (2016) no estudo de avaliação do Índice de conforto térmico para vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba.

Tabela 2. Dados de TBS (temperatura de bulbo seco) em função do horário em três cidades do estado da Paraíba.

Estação	Horário			Média diária
	21:00 h	9:00 h	15:00 h	
Campina Grande	22,03 Cc	23,83 Bc	27,61 Ab	24,4904 c
Patos	27,63 Ba	27,46 Ca	33,37Aa	29,4846 a
Sousa	26,43 Cb	27,14 Bb	33,27Aa	28,9451 b

Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas são diferentes estatisticamente, pelo teste de Tukey 5%.

Os resultados obtidos nesse estudo para TBS entre os anos de 2009 até o ano de 2018 foi observado que a cidade de Campina Grande manteve a média de temperatura de 24 °C nos decorridos 10 anos avaliados, com pequenas oscilações entre 24,27 °C e 24,95 °C (Tabela 3). Para a região de Patos as médias apresentaram um aumento significativo de temperatura, com menor temperatura de 25,91 °C registrada no ano de 2009 e maior temperatura de 29,86 °C no ano de 2016 (Tabela 3), devido a um período prolongado de estiagem que se iniciou no ano anterior, com variação nas precipitações e altas temperaturas seguidas de alta evapotranspiração. Esse quadro compromete o bem-estar animal por não fornecer condições de homeostase, por maior insolação, déficit hídrico, escassez de alimentos e sombra. Comparando os resultados observados entre as cidades de Patos e Sousa, a cidade de Patos nos anos de 2009 a 2013 obteve temperaturas mais amenas que Sousa, mas a partir de 2014 os valores foram considerados similares (Tabela 3).

Tabela 3. Dados de TBS (temperatura de bulbo seco), ou seja, temperatura do ar em graus Centígrados em função do ano em três cidades do estado da Paraíba (Campina Grande, Patos e Sousa).

Anos observados	Temperatura do ar em °C		
	Estações meteorológicas utilizadas		
	Campina Grande	Patos	Sousa
2009	25,40 BCc	25,91 Ga	27,32 Db
2010	24,95 ABCc	27,21 Fa	28,71B Cb
2011	24,16 Cb	28,05 Ea	28,34 Ca
2012	24,41 BCc	28,97 CDa	29,81 Ab
2013	24,62 ABCc	28,91 CDa	29,75 Ab
2014	24,30 BCb	28,66 Da	28,90 BCa
2015	24,55 ABCb	29,34 BCD	29,53 Aa
2016	24,68 BCb	29,86 Aa	29,67 Aa
2017	24,27 BCb	29,41 BCDA	29,37 Aa
2018	24,42BCb	28,98BCb	28,82BCa

Letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas são diferentes estatisticamente, pelo teste de Tukey 5%.

As temperaturas referentes à cidade de Sousa, o aumento se acentuou a partir do ano de 2012 com 29,81 °C, menor temperatura (28,90 °C) registrada no ano de 2014, e segue oscilando até o ano de 2018. Entre as duas cidades localizadas no sertão paraibano não houve diferenças significativas dentre os anos 2014 a 2018, mas quando ambas comparadas com Campina Grande, à mesma registrou menores temperaturas nos decorridos 10 anos de amostragem (Tabela 3).

Houve efeito ($p<0,05$) de localidades sobre a umidade relativa do ar apresentou nos três horários avaliados (Tabela 4). A queda na UR nos horários da tarde pode estar associada ao aumento na temperatura nestes períodos. Os valores de UR encontrados em Campina Grande e Sousa foram maiores (88,17% e 75,39%, respectivamente) às 21:00h.

Tabela 4. Dados de umidade relativa (UR %) em função do horário em função do ano em três cidades do estado da Paraíba (Campina Grande, Patos e Sousa).

Estação	Horário			Média diária
	21:00	9:00	15:00	
Campina Grande	88,17 Aa	78,93 Ba	61,50 Ca	76,1914 a
Patos	61,72 Ac	61,63 Ac	41,32 Bc	56,6858 c
Sousa	75,39 Ab	67,03 Bb	49,06 Cb	64,8674 b

Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas são diferentes estatisticamente, pelo teste de Tukey 5%.

Com base nos dados encontrados houve uma diminuição da umidade relativa do ar a partir do ano de 2012 em todas as regiões do estudadas (Tabela 5). Esses resultados sugerem que as mudanças climáticas estão ocorrendo em todas as regiões do estado ao mesmo tempo, em algumas localidades com maior intensidade do que em outras como em Patos e em São Gonçalo que apresentaram os menores valores de umidade.

Em todo o período estudado, a cidade de Sousa apresentou valores de umidade relativa maiores que os valores encontrados na cidade de Patos, podendo ser justificado pela presença de um reservatório de água próximo a estação meteorológica de São Gonçalo (Sousa). No entanto, no ano de 2009 Patos registrou um valor elevado de UR quando comparado aos outros anos do estudo e, de acordo com Menezes (2015) este fato pode ser justificado devido ao volume pluviométrico que foi considerado acima da normalidade para a região durante esse período.

Tabela 5. Dados de UR (umidade relativa) em função do ano em três cidades em função do ano em três cidades do estado da Paraíba (Campina Grande, Patos e Sousa).

Anos observados	Umidade Relativa (%)		
	Estações meteorológicas utilizadas		
	Campina Grande	Patos	Sousa
2009	79,42Aa	66,40Ab	67,47Ab
2010	76,97BCDa	60,00Cc	68,11ABb
2011	80,29Aa	63,03Bc	67,70Ab
2012	73,69Da	53,65Ec	58,54DB
2013	75,04BCDa	53,44Ec	62,49Cb
2014	76,48BCDa	56,32DEc	64,48BCb
2015	74,83CDa	52,97Ec	64,33BCb
2016	73,68Da	53,87Ec	63,73BCb
2017	75,63BCDa	52,69Ec	64,75ABCb
2018	75,87BCda	54,42DEc	67,07Ab

Letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas são diferentes estatisticamente, pelo teste de Tukey 5%.

Segundo Baêta e Sousa (2010) a umidade relativa (UR) ideal para a criação de animais domésticos varia de 50 a 70%. No entanto, quando a umidade está associada à altas temperaturas, ocorre um aumento na dificuldade de perder calor por evaporação, respiração e transpiração, podendo ser desinteressante para produção animal em determinadas regiões (SOUZA et al., 2010).

Os índices de conforto térmico, determinados por meio dos fatores climáticos, servem como indicativos para caracterizar o conforto e o bem-estar animal. Um dos índices de conforto térmico mais usado é o de Thom (1958), denominado de índice de temperatura e umidade (ITU ou THI) que associa a temperatura de bulbo seco e a temperatura do bulbo úmido. Para bovinos leiteiros Rosenberg et al. (1983) consideram o ITU nas amplitudes: entre 75 e 78 como alerta aos produtores (providências são necessárias para evitar perdas); o ITU na amplitude de 79 a 83 significa perigo (principalmente para os rebanhos confinados e medidas de segurança devem ser empreendidas para evitar perdas desastrosas); ITU igual ou superior a 84 caracteriza emergência (providências urgentes devem ser tomadas). Na tabela 6 encontram-se os valores de THI das cidades Campina Grande, Patos e Sousa em função de três horários, comparados durante dez anos (2009 -2018).

Houve diferenças significativas entre os horários e entre as cidades ($p < 0,05$), Campina Grande apresentou os menores valores de THI, corroborando com os dados anteriores para TBS e UR (tabelas 2 e 4). Nas cidades Campina Grande e Sousa os valores para THI apresentaram-se maiores às 15:00 horas, seguido das 9:00 horas e menores médias às 21:00 horas. Apesar de também apresentar maiores médias de THI às 15:00, Patos obteve as menores médias às 9:00, diferindo assim das demais cidades analisadas. Tal achado pode ser justificado pelos valores para temperatura e umidade encontrados (tabelas 2 e 4).

Tabela 6. Dados de THI (índice de temperatura e umidade) em função do horário em três cidades do estado da Paraíba (Campina Grande, Patos e Sousa).

Estação	Horário			Média diária
	21:00	9:00	15:00	
Campina Grande	71,34 Cc	73,02 Bc	76,28 Ac	73,5414 c
Patos	76,45 Ca	76,28 Bb	81,38 Ab	77,6462 b
Sousa	76,23 Bb	76,41 Ca	82,35 Aa	77,8871 a

Letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas são diferentes estatisticamente, pelo teste de Tukey 5%.

A cidade de Sousa apresentou maiores valores de THI com média 77,88; seguida de Patos que obteve média de 77,64, ambas consideradas em alerta para bovinos leiteiros. Campina Grande apresentou THI médio de 73,54 o que significa melhor sensação térmica dentre as três cidades analisadas.

Na tabela 7 encontram-se os dados de THI em função do ano para as cidades Campina Grande, Patos e Sousa. Em Patos as menores médias ocorreram em 2009, o que pode ser justificado pelas menores médias de TBS encontradas nesse mesmo ano; e máxima em 2012, havendo pouca oscilação nos anos seguintes.

Tabela 7. Dados de ITU (THI) (índice de temperatura e umidade) em função do ano em três cidades do estado da Paraíba.

Anos observados	Índice de temperatura e umidade ITU (THI)		
	Estações meteorológicas utilizadas		
	Campina Grande	Patos	Sousa
2009	73,84ABCDc	76,44Fa	74,62Fb
2010	74,20ABC	77,47CDEa	76,45Eb
2011	73,48BCDb	77,39Dea	77,45Da
2012	73,19Dc	78,42ABA	77,75CDb
2013	73,64BCDb	78,29ABA	78,14 CDb
2014	73,32CDC	77,52CDEb	78,06CDA
2015	73,50BCDc	77,88BCDEb	78,94Ba
2016	73,58BCDc	78,26ABCb	79,60Aa
2017	73,21Dc	77,65CDEb	79,12Ba
2018	73,45BCDc	77,14Eb	78,75Ba

Letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas são diferentes estatisticamente, pelo teste de Tukey 5%.

Em Sousa houve a maior variação entre as cidades, com valor mínimo 74,62 em 2009 e máximo de 79,60 em 2016. Os dados encontrados no presente estudo estão em concordância com Silva et al. (2015), em que avaliando a influência do aquecimento global sobre as variáveis

climatológicas e índice de conforto térmico no estado da Paraíba, registraram que para ITU houve um aumento acima de 2 pontos para todas as regiões, sendo a maior média elevação em São Gonçalo, região do alto sertão.

Pode-se observar que há pouca oscilação para a cidade de Campina Grande, quando comparada às duas cidades sertanejas, apresentando máximo em 2010 (74,20) e mínimo em 2012 (73,64).

Entre as cidades sertanejas em 2009, 2010 e 2012, Patos apresentou maior THI seguido de Sousa. Em 2011 e 2013 não houve diferença entre Patos e Sousa, a partir de 2014 passou a ser maior em Sousa. Tais achados podem ser justificados pelos valores de umidade relativa maiores na cidade de Sousa, aliado às temperaturas altas, o que dificulta a dissipação do calor causando pior sensação térmica entre as três cidades.

4. Conclusões

Dentre as regiões estudadas Campina Grande apresenta melhor conforto térmico, consequentemente melhores condições para a criação de animais. As regiões de Patos e Sousa apresentaram ao longo dos anos o índice de conforto térmico THI elevado, o que demonstra que os cuidados com relação ao ambiente e manejo oferecidos aos animais devem ser planejados no sentido de minimizar os efeitos do calor sobre os animais.

Referências

BAÊTA F.C.; SOUZA C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Editora da UFV, Viçosa, 2010.

COSTA, José Adriano Gomes da. **Sistema de produção de leite de vacas mestiças no Cariri Paraibano**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais – PPGSA), 2018. 34f.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; RUIZ, R. M. Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, v.42, n.2, p.229-246, 2011.

FERREIRA, F. F.; ALVES, J. M. B. Avaliação das mudanças climáticas no semi-árido do nordeste do Brasil. **Engenharia Ambiental**, v.12, n.1, p.53-72, 2015.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Estações meteorológicas convencionais e automáticas**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>> Acesso em: 16 Out. 2019

MARENGO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, v.1, 2011.

MENEZES, H. E. A. et al. Variabilidade climática para o município de Patos, Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.10, n.3 p.37-41, 2015

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1979.

ROSENBERG, L. J.; BIAD, B. L.; VERNS, S. B. Human and animal biometeorology. In: **Microclimate, the biological environment**. New York: Wiley- Interscience Publication, 1983. p.423-467.

SANTOS, D. N. et al. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.492-500, 2010.

SILVA, G.A., et al. Influência do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e índice de conforto térmico no estado da Paraíba, Brasil. **Journal of Animal Behaviour Biometeorology**, v.3, n.4, p.116-119,2015.

SILVA, G.A; SOUZA, B.B.; SILVA, E.M.N. Influência do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e índice de conforto térmico no estado da Paraíba, Brazil. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 3, n. 4, p. 116–119, 2015.

SILVA, R.B. et al. Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.37, n.1, p.1505, 2015.

SOUZA B.B. et al. Efeito do ambiente sobre a respostas fisiológicas de caprinos Saanen e mesíacos ½ Saanen + ½ Boer no semiárido paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido** v.2, p.7-51, 2010.

SOUZA, et al. Índice de conforto térmico para vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba, Brasil. **Journal of Animal Behaviour Biometeorology**, v.4, n.1, p.12-16, 2016.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, Boston, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

VIANNA, L. F. et al. Bancos de Dados Meteorológicos: Análise dos Metadados das Estações Meteorológicas no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.32, 2017.

CAPÍTULO VI

Perfil climático e seu impacto no bem-estar animal na microrregião de Patos – PB

Climate profile and its impact on animal welfare in the microregion of Patos – PB

Autores e afiliações

Bonifácio Benício de Souza^{1*}, Talícia Maria Alves Benício¹, Maycon Rodrigues da Silva¹, Fabíola Franklin de Medeiros¹, Claudiney Felipe Almeida Inô¹, Amanda Fernanda Silva de Lima¹, Mirna Isabel Silva de Medeiros¹, Luiz Henrique de Souza Rodrigues¹, Mariana Ferreira Torres¹, Danilo Leite Fernandes²

¹Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

²Instituto Federal do Ceará – IFCE, Crato-CE, Brasil.

*Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

As mudanças climáticas têm se intensificado ao longo dos anos, e seus impactos ambientais têm sido observados globalmente. Este estudo teve como objetivo analisar variáveis meteorológicas da microrregião de Patos, no Sertão da Paraíba, em uma abordagem retrospectiva com dados entre 1975 e 2015, com o intuito de caracterizar o perfil climatológico da região e fornecer informações relevantes para o bem-estar animal. Para isso, foram utilizados dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) provenientes do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) da estação de Patos. Foram calculadas as médias de temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU). A análise considerou a influência dos meses do ano e dos horários (09:00, 15:00 e 21:00h) sobre essas variáveis, além das interações entre esses fatores. Observou-se que houve diferença significativa em relação ao horário para todas as variáveis, com os maiores valores registrados no período da tarde (15:00h), devido à intensa radiação solar característica da região. O mês de dezembro apresentou as maiores temperaturas em todos os horários, enquanto julho registrou as menores médias de ITU. As maiores médias de UR ocorreram no turno da noite, com exceção dos meses de dezembro e janeiro. Março e abril apresentaram maior umidade relativa nos horários de 09:00 e 21:00h, enquanto abril e maio mostraram as maiores médias às 15:00h.

Os índices climáticos registrados em Patos num período de 40 anos (1975-2015) indicam que a microrregião possui características que devem ser cuidadosamente analisadas na implantação de sistemas de criação, a fim de garantir o conforto térmico dos animais e não prejudicar a produtividade. Sugere-se a avaliação de outros índices no Sertão da Paraíba para construir um banco de dados mais abrangente, que possa apoiar futuras pesquisas na região.

Palavras-chave - clima, variabilidade climática, aquecimento global.

Abstract

Climate change has intensified over the years, and its environmental impacts have been observed globally. This study aimed to analyze meteorological variables of the Patos microregion, in the Sertão region of Paraíba, in a retrospective approach with data between 1975 and 2015, in order to characterize the climatological profile of the region and provide relevant information for animal welfare. For this, data from the National Institute of Meteorology (INMET) from the meteorological database for teaching and research (BDMEP) of the Patos station were used. The averages of dry bulb temperature (TBS), wet bulb temperature (TBU), relative humidity (RH) and temperature and humidity index (ITU) were calculated. The analysis considered the influence of the months of the year and times (09:00, 15:00 and 21:00h) on these variables, in addition to the interactions between these factors. It was observed that there was a significant difference in relation to the time for all variables, with the highest values recorded in the afternoon (3:00 p.m.), due to the intense solar radiation characteristic of the region. December presented the highest temperatures at all times, while July registered the lowest averages of THI. The highest averages of RH occurred at night, with the exception of the months of December and January. March and April presented the highest relative humidity at 9:00 a.m. and 9:00 p.m., while April and May showed the highest averages at 3:00 p.m. The climatic indices recorded in Patos over a 40-year period (1975-2015) indicate that the microregion has characteristics that should be carefully analyzed when implementing breeding systems, in order to ensure the thermal comfort of the animals and not harm productivity. It is suggested that other indices be evaluated in the Sertão da Paraíba to build a more comprehensive database that can support future research in the region.

Keywords - climate, climate variability,

1. Introdução

Ao longo das últimas décadas, as mudanças climáticas têm se intensificado, com efeitos deletérios cada vez mais evidentes no ambiente global. O aquecimento global, como um dos principais fenômenos resultantes dessa alteração climática, tem causado impactos significativos na fauna, na flora e na sociedade humana. De acordo com o 5º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), publicado em 2014, as emissões de gases de efeito estufa entre 2000 e 2010 cresceram a uma taxa mais rápida do que na década anterior, e a concentração desses gases na atmosfera atingiu níveis mais altos nos últimos 800 mil anos. Se medidas eficazes não forem adotadas, projeta-se que até 2100 a temperatura média global aumente em até 5°C, o que poderá agravar ainda mais os efeitos do aquecimento global sobre o meio ambiente e as atividades humanas.

O clima exerce uma influência fundamental sobre os ecossistemas e as interações entre os componentes bióticos e abióticos. Nos últimos anos, a urbanização acelerada e a modernização das cidades têm alterado significativamente o clima local, principalmente devido à construção de edificações, impermeabilização dos solos, desmatamento e a crescente concentração de máquinas e pessoas (Medeiros et al., 2012). Essas modificações podem intensificar as variações climáticas regionais, afetando diretamente a qualidade de vida e as práticas de manejo nas áreas urbanas e rurais.

Dentro desse contexto, o estudo das séries temporais climáticas se apresenta como uma ferramenta crucial para compreender as tendências e variações climáticas ao longo do tempo, além de possibilitar a identificação de causas e efeitos de eventuais irregularidades nos padrões climáticos (Costa et al., 2013). O monitoramento dessas variáveis é especialmente relevante em regiões semiáridas, como o Sertão da Paraíba, onde as condições climáticas extremas são um desafio constante para as atividades econômicas e a sustentabilidade ambiental.

Este estudo tem como objetivo analisar algumas variáveis meteorológicas da microrregião de Patos (Sertão da Paraíba), com base em um levantamento retrospectivo entre 1975 e 2015. A intenção é caracterizar o perfil climatológico da região e fornecer informações essenciais para a promoção do bem-estar animal, considerando a estreita relação entre as condições climáticas e a produtividade agropecuária. Através dessa análise, busca-se oferecer subsídios para práticas de manejo que visem minimizar os impactos do estresse térmico e garantir melhores condições para a criação de animais na região.

2. Material e Métodos

A cidade de Patos está localizada na mesorregião do Sertão do Estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, com Latitude: 07° 01' 28" S, Longitude: 37° 16' 48" W e 242m de altitude. O município de Patos localiza-se no polígono das secas. Possui clima quente e úmido com chuvas de verão e outono. A vegetação é do tipo Caatinga. Região caracterizada por apresentar clima BSH de acordo com a classificação de Köppen, com índice pluviométrico médio de 590 - 640 mm, temperatura anual média máxima de 32,9 °C e mínima de 20,8 °C e umidade relativa de 61%.

Foram utilizados os dados informados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) da estação meteorológica de Patos, a partir da compilação das informações climatológicas diárias registradas durante 32 anos, a saber, nos intervalos de 1975 a 1984 e de 1993 a 2015.

Foram obtidas médias das seguintes variáveis: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), Umidade Relativa do Ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU); este, calculado através da equação proposta por McDowell & Jhonston (1971): $ITU = (Tbs + Tbu) * 0,72 + 40,6$. Avaliou-se a influência dos meses do ano e de horários pré-estabelecidos dos três turnos (09:00, 15:00 e 21:00h) sobre as variáveis estudadas, bem como a interação entre esses fatores.

Os dados obtidos foram analisados através do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 1993), sendo aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

As médias da temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 Médias da Temperatura de Bulbo seco (TBS), Temperatura de Bulbo Úmido (TBU) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na microrregião de Patos entre 1975 e 2015.

Horário(h)	TBS (°C)	TBU (°C)	ITU
09:00	27,45B	21,67B	75,97B
15:00	32,83A	22,43A	80,39A
21:00	27,05C	21,65B	75,66C

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela elaborada pelo autor.

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) da estação meteorológica de Patos – PB.

Houve diferença significativa com relação ao horário para todas as variáveis estudadas, apresentando os maiores valores no horário da tarde (15:00h), devido à intensa radiação solar, característica nesta região.

A temperatura apresenta uma variabilidade temporal e espacial ao longo do dia, mês ou ano, sendo, portanto, um elemento climático muito complexo. No Litoral (setor Leste) e em grande parte da mesorregião do Sertão (setor Oeste) da Paraíba, setores onde as altitudes são baixas, são observados os maiores valores de temperatura média ao longo do ano (Medeiros et al., 2015).

O ITU é um importante índice utilizado para avaliar a condição de conforto térmico. De acordo com Rosenberg et al. (1983), valores de ITU entre 75 e 78 indicam condição de alerta, onde ações devem ser tomadas para evitar perdas produtivas na criação de animais. Seguindo a escala, valores de 79 a 83 significam perigo, especialmente para gado confinado e ITU igual ou maior que 84 representa uma situação de emergência, para vacas leiteiras.

No presente trabalho, foram observadas médias elevadas de ITU, demonstrando a necessidade da aplicação de medidas promotoras de bem-estar aos animais, principalmente às 15:00h, quando o ITU apresentou as maiores médias (80,39).

A tabela 2 apresenta a interação dos meses do ano e horários do dia sobre as médias do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na microrregião de Patos.

Houve diferença significativa nos índices de temperatura e umidade (ITU) ao longo do dia em todos os meses do ano, com as maiores médias observadas no turno da tarde (15:00h). Nesse turno, os meses de novembro e dezembro apresentaram os maiores valores de ITU, enquanto junho e julho exibiram os menores índices. O mês de dezembro foi o mais quente em todos os horários avaliados, enquanto julho registrou as menores médias de ITU.

Todas as regiões da Paraíba têm experimentado mudanças climáticas devido ao efeito estufa, e a elevação do ITU nos últimos anos destaca a necessidade urgente de mudanças de atitudes para garantir a sobrevivência e a produtividade animal. Caso essas mudanças não sejam adotadas de forma mais eficaz, a criação de animais no estado se tornará progressivamente mais dispendiosa (Silva et al., 2015).

Tabela 2 Interação dos meses do ano e horários do dia sobre as médias do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na microrregião de Patos entre 1975 e 2015.

Meses	ITU		
	09:00h	15:00h	21:00h
Janeiro	76,63 Cc	81,24 Abc	77,19 Ba
Fevereiro	76,67 Bbc	81,10 Abc	76,74 Bb
Março	76,88 Babc	81,00 Ac	76,37 Cc
Abril	76,97 Babc	80,64 Ad	76,21 Cc
Maio	76,31 Bd	79,84 Af	75,43 Ce
Junho	75,07 Be	78,79 Ah	74,15 Cg
Julho	74,12 Bf	78,31 Ai	73,47 Ci
Agosto	74,17 Bf	79,12 Ag	73,88 Ch
Setembro	75,11 Be	80,12 Ae	74,75 Cf
Outubro	76,29 Bd	81,29 Abc	75,95 Cd
Novembro	76,68 Bbc	81,61 Aa	76,64 Bb
Dezembro	76,77 Cabc	81,70 Aa	77,26 Ba

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($p<0,05$) pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela elaborada pelo autor.

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) da estação meteorológica de Patos – PB.

Em ambientes sombreados, os índices de conforto térmico, representados pelo Índice de Temperatura e Umidade (ITU), aproximam-se dos valores do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU). Em ambientes com ITGU igual ou próximo de 82, pode-se considerar que o desconforto térmico está presente, o que pode gerar estresse baixo em caprinos. Já valores de ITGU acima de 84 indicam estresse alto para diversas raças de caprinos criados no semiárido brasileiro (Souza et al., 2024a). No caso dos ovinos, ambientes com ITGU igual ou próximo a 82 podem provocar desconforto térmico, gerando estresse de intensidade média a alta, e valores superiores a 83 podem resultar em estresse alto para diversas raças de ovinos (Souza et al., 2024b).

No contexto da Paraíba, estudos realizados por Medeiros et al. (2015) observaram grande variabilidade espacial na temperatura ao longo do ano, com uma variação de aproximadamente 5°C. De acordo com esses dados, os meses de junho, julho e agosto apresentaram as menores temperaturas, enquanto outubro, novembro e dezembro foram os meses mais quentes. Esses meses também coincidem com o período mais seco da região, quando os índices de precipitação pluviométrica são mais baixos, corroborando as tendências climáticas identificadas neste estudo.

A tabela 3 contém os dados da interação dos meses do ano e horários do dia sobre as médias da Umidade Relativa do Ar (UR) na microrregião de Patos.

Tabela 3 Interação dos meses do ano e horários do dia sobre as médias da Umidade Relativa do Ar (UR) na microrregião de Patos entre 1975 e 2015.

Meses	UR (%)		
	Horários		
	09:00h	15:00h	21:00h
Janeiro	61,94 Ac	40,83 Ce	59,50 Be
Fevereiro	65,30 Ab	44,21 Bd	66,13 Ac
Março	68,79 Ba	49,57 Cb	73,52 Aab
Abril	68,43 Ba	52,22 Ca	75,15 Aab
Maio	65,88 Bb	51,75 Ca	72,34 Ab
Junho	62,25 Bc	47,47 Cc	67,86 Ac
Julho	59,10 Bd	43,17 Cd	64,12 Ad
Agosto	55,94 Be	36,39 Cf	59,33 Ae
Setembro	52,44 Bf	32,52 Cgh	55,16 Afg
Outubro	51,80 Bf	31,60 Ch	53,90 Afg
Novembro	52,89 Af	32,62 Bgh	53,41 Ag
Dezembro	55,99 Ae	34,15 Cgh	53,93 Bfg

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($p<0,05$) pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela elaborada pelo autor.

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) da estação meteorológica de Patos – PB.

As maiores médias para UR foram registradas no turno da noite, exceto para os meses de Dezembro e Janeiro. Os meses de Março e Abril apresentaram maior umidade relativa para os horários de 09:00 e 21:00h enquanto para às 15:00h, foram registradas as maiores médias para os meses de Abril e Maio.

De acordo com Silva et al. (2015), dentre as variáveis climáticas que mais interferem na vida dos animais homeotérmicos, a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar são as que mais se destacam, já que juntas, essas variáveis afetam diretamente as perdas de calor da forma sensível e insensível, interferindo na termorregulação e com isso, no desempenho e na produção animal.

Em ambiente de sombra os índices de conforto térmico: Índice de temperatura e umidade (ITU) é muito próximo ao valor do Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).

As respostas fisiológicas mais utilizadas no estudo da avaliação da tolerância ao calor são a temperatura retal e a frequência respiratória (Batista et al. 2023; Souza et al. 2014; Silva et al. 2014; Souza et al. 2013; Leite et al. 2012; Silva et al. 2011; Souza et al. 2008; Silva et al. 2006; Santos et al. 2005; Silva et al. 2005).

De acordo com Silanikove (2000), a taxa de respiração pode quantificar a severidade do estresse pelo calor, em que uma freqüência de 4060, 6080, 80120 movimentos/minuto caracteriza um estresse baixo, médio-alto e alto para os ruminantes, respectivamente; e acima de 200 mov./min. para ovinos, o estresse é classificado como severo (Souza et al. 2024b).

Considerando que, neste estudo, foram observadas médias de Índices de Temperatura de Umidade (ITU) superiores a 80 em ambientes sombreados durante quase todos os meses do ano, ao longo de um período de 40 anos, é possível perceber o elevado grau de estresse térmico ao qual os animais estão sujeitos, mesmo em áreas com sombra. Esse fato é ainda mais relevante quando se considera que, no semiárido, as criações enfrentam condições de sistemas extensivos, freqüentemente expostas à radiação solar direta, o que intensifica o impacto do estresse térmico. Além disso, o agravamento dessa situação devido ao aquecimento global exige um aumento nas pesquisas, com o objetivo de selecionar raças mais adaptadas ao calor, bem como desenvolver estratégias de manejo e infraestrutura que minimizem os efeitos adversos do ambiente sobre os animais.

4. Considerações Finais

Os índices climatológicos registrados em Patos - PB nas últimas quatro décadas evidenciam que essa microrregião possui características climáticas que exigem uma análise detalhada na implantação de sistemas de criação, visando garantir o conforto térmico dos animais e preservar a produtividade. É essencial que sejam considerados outros índices no Sertão paraibano, com o objetivo de estabelecer um banco de dados mais completo, que possa subsidiar futuras pesquisas e contribuir para o desenvolvimento de estratégias adequadas de manejo e adaptação às condições climáticas da região.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela concessão dos dados da estação meteorológica de Patos, através do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) e ao CNPq pela concessão da bolsa de produtividade.

Referências

BATISTA, L. F., et al. Respostas fisiológicas e reprodutivas de caprinos British Alpine nos períodos seco e chuvoso no semiárido Paraibano. **Revista Observatorio de la Economía Latino-Americana**, v. 21, n. 9, p. 12712-12737, 2023.

COSTA, M. N. M.; BECKER, C. T.; BRITO, J. I. B. Análise das séries temporais de precipitação do semiárido Paraibano em um período de 100 anos (1911 a 2010). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 680-696, 2013.

LEITE, J. R. S., et al. Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 443-448, 2012.

McDOWELL, R. E.; JOHNSTON, J. E. Research under field conditions. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *A guide to environmental research on animals*. Washington, p. 306-359, 1971.,

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; BANDEIRA, M. M. Balanço hídrico climatológico, em decorrência do aquecimento global, no município de Picuí - Semiárido Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 1, p. 59-72, 2012.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; SILVA, L. L.; BANDEIRA, M. M.; ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. Microlimate: the biological environment. New York: Wiley-Interscience Publication, 1983.

SANTOS, F. C. B., et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semiárido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 142-149, 2005.

SILVA, E. M. N., et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semiárido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 516-521, 2006.

SILVA, G. D.; SOUZA, B. B.; SILVA, E. M. N. Influência do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e índice de conforto térmico no estado da Paraíba, Brasil. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 3, n. 4, p. 116-119, 2015.

SOUZA, B. B., et al. Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) na avaliação da tolerância de caprinos ao calor - Revisão integrativa. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 2, p. 01-13, 2024a.

SOUZA, B. B., et al. Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) na avaliação da tolerância de ovinos ao calor - Revisão integrativa. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 2, p. 01-13, 2024b.

SOUZA, B. B., et al. Efeito do ambiente e da idade sobre as respostas fisiológicas e constituintes sanguíneos de cabritos Anglo Nubiano. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 4, p. 117-125, 2014.

SOUZA, B. B., et al. Respostas fisiológicas de caprinos terminados em pastagem nativa no semiárido paraibano. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 1, n. 2, p. 37-43, 2013.

SOUZA, B. B., et al. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semiárido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 275-280, 2008.

CAPÍTULO VII

Análise climática da região de origem da raça morada nova e seus efeitos na adaptação e no bem-estar animal

Climatic Analysis of the Region of Origin of the Morada Nova Breed and Its Effects on Adaptation and Animal Welfare

Autores e afiliações

Bonifácio Benício de Souza^{1*}, Gustavo de Assis Silva², Maycon Rodrigues da Silva¹, Talícia Maria Alves Benício³, Danilo Leite Fernandes⁴, Claudiney Felipe Almeida Inô¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária, Patos, PB, Brasil.

² Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Recife, PE, Brasil.

³ Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), Palmas, TO, Brasil.

⁴ Instituto Federal do Ceará (IFCE), Campus Crato, CE, Brasil.

Autor correspondente: bonifacio.souza@ufcg.edu.br

Resumo

Objetivou-se com essa pesquisa, analisar dados da estação meteorológica de Morada Nova (CE), em um estudo retrospectivo, com informações entre os anos de 1965 a 2004. Foram utilizados os dados informados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) da estação meteorológica de Morada Nova. Foram obtidas médias das seguintes variáveis: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), Umidade Relativa do Ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU). Avaliou-se a influência dos meses do ano e de horários pré-estabelecidos dos três turnos (09:00, 15:00 e 21:00h) sobre as variáveis estudadas, bem como a interação entre esses fatores. Houve diferença significativa com relação ao horário para todas as variáveis estudadas, apresentando os maiores valores no horário da tarde (15:00h). Os meses que apresentaram maiores valores para o ITU foram outubro, novembro e dezembro e os menores valores foram registrados nos meses de junho e julho. As maiores médias para UR foram registradas no turno da noite, para todos os meses do ano. Os meses de março e abril apresentaram maior umidade relativa em todos os horários. Os dados obtidos expressam condições que merecem atenção quanto ao estresse térmico nas criações animais.

Palavras-chave - clima, estresse térmico, ovinocultura.

Abstract

The objective of this research was to analyze data from the meteorological station of Morada Nova (CE), in a retrospective study, with information between the years 1965 and 2004. Data reported by the National Institute of Meteorology (INMET) through from the meteorological database for teaching and research (BDMEP) at the Morada Nova meteorological station. Averages of the following variables were obtained: dry bulb temperature (TBS), wet bulb temperature (TBU), relative humidity (RH) and temperature and humidity index (THI). The influence of the months of the year and pre-established times of the three shifts (09:00, 15:00 and 21:00) on the variables studied was evaluated, as well as the interaction between these factors. There was a significant difference in relation to the time for all variables studied, with the highest values in the afternoon (3:00 p.m.). The months that presented the highest values for the ITU were October, November and December and the lowest values were recorded in the months of June and July. The highest averages for RH were recorded during the night shift, for all months of the year. The months of March and April had higher relative humidity at all times. The data obtained express conditions that deserve attention regarding thermal stress in animal husbandry.

Keywords - climate, thermal stress, sheep farming.

1. Introdução

O clima tem um impacto direto na produção animal, e o comprometimento do bem-estar ou do conforto térmico dos animais pode resultar em perdas produtivas. Nesse contexto, estudos que investigam variações de temperatura, umidade e outras variáveis bioclimáticas são essenciais para embasar pesquisas nesta área e têm se tornado cada vez mais relevantes no campo da Biometeorologia.

A raça de ovinos Morada Nova foi descrita pela primeira vez por Otávio Domingues, em 1937, e recebeu esse nome em referência ao município de Morada Nova, no Ceará, onde foi “descoberta”. No entanto, sua origem ainda é objeto de debate. De acordo com Domingues (1954), acredita-se que a raça tenha origem no carneiro Bordaleiro português, introduzido no Brasil durante a colonização. Outros estudiosos sugerem que a raça possa ter raízes na África Ocidental. Dessa forma, é provável que a Morada Nova tenha heranças tanto de carneiros ibéricos quanto africanos, sendo que os descendentes destes teriam sido submetidos à ação da seleção natural ao longo do tempo (Facó et al., 2008).

Os ovinos Morada Nova são uma das principais raças nativas do Nordeste brasileiro. De pequeno porte e altamente adaptados às condições climáticas do semiárido, desempenham papel fundamental nas pequenas propriedades rurais, onde são uma importante fonte de proteína para a alimentação da população local (Fernandes et al., 2001).

Entretanto, essa resistência ao clima severo pode estar associada a mecanismos fisiológicos que afetam o desempenho dos animais. Em ambientes com temperaturas elevadas, onde a produção de calor supera a capacidade de dissipaçāo, todos os processos que geram calor endógeno

são inibidos, especialmente o consumo de alimento e o metabolismo basal e energético. Em contrapartida, a temperatura corporal e a frequência respiratória aumentam (Silva et al., 2010).

Apesar de suas várias características desejáveis, a raça Morada Nova tem sido pouco estudada devido à preferência da maioria dos produtores por raças de maior porte, geralmente exóticas. O pequeno número de animais da raça também contribui para a aceleração do processo de descaracterização genética. Portanto, é urgente que se dedique mais esforço à pesquisa sobre esta raça (Facó et al., 2008).

Considerando que o município de Morada Nova, no Ceará, concentra uma parte significativa dos poucos rebanhos remanescentes da raça, e ciente da influência das variáveis bioclimáticas sobre esses animais, o objetivo deste estudo é analisar dados da estação meteorológica de Morada Nova (CE), por meio de uma análise retrospectiva, com informações coletadas entre os anos de 1965 e 2004.

2. Material e Métodos

A cidade de Morada Nova está localizada no Estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, com Latitude: 05° 06' 24" S, Longitude: 38° 22' 21" W e 52m de altitude. Com área de 2.796,6 km² e fundada em 1876. Possui clima tropical com estação seca (Classificação climática de Köppen-Geiger: As).

Foram utilizados os dados informados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP) da estação meteorológica de Morada Nova, a partir da compilação das informações climatológicas diárias registradas durante 40 anos.

Foram obtidas médias das seguintes variáveis: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), Umidade Relativa do Ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU); este, calculado através da equação proposta por McDowell & Jhonston (1971): $ITU = (Tbs+Tbu)*0,72+40,6$. Avaliou-se a influência dos meses do ano e de horários pré-estabelecidos dos três turnos (09:00, 15:00 e 21:00h) sobre as variáveis estudadas, bem como a interação entre esses fatores.

Os dados obtidos foram analisados através do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 1993), sendo aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

As médias da temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) estão apresentadas na tabela 1.

Foi observada uma diferença significativa entre os horários para todas as variáveis analisadas, com os maiores valores registrados no período da tarde (15:00h). O ITU (Índice de Temperatura de Umidade) é amplamente utilizado para avaliar o conforto térmico e o bem-estar animal. De acordo com Rosenberg et al. (1983), valores de ITU entre 75 e 78 indicam uma condição de alerta, sugerindo a necessidade de medidas preventivas para evitar perdas na produção animal. Já valores entre 79 e 83 são considerados perigosos, e valores iguais ou superiores a 84 configuram uma emergência, exigindo ações imediatas.

Tabela 1 Médias da Temperatura de Bulbo seco (TBS), Temperatura de Bulbo úmido (TBU), Umidade Relativa do ar (UR) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) em Morada Nova - CE entre 1965 e 2004.

Horário(h)	TBS (°C)	TBU (°C)	UR (%)	ITU
09:00	28,41B	23,03C	63,54B	77,64B
15:00	32,87A	23,44A	46,30C	81,14A
21:00	25,80C	23,15B	80,04A	75,85C

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Tabela elaborada pelos os autores.

Nesta pesquisa, os dados mostraram um valor de ITU de 81,14 às 15 horas. Considerando que, à sombra, os valores de ITU e ITGU (Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade) são bastante semelhantes, pode-se inferir que o ITGU à sombra provavelmente foi de 82. Isso corrobora a observação de Souza et al. (2024), que indicam que ambientes com ITGU próximo de 82 são caracterizados por desconforto térmico, podendo gerar estresse de intensidade média a alta. Valores acima de 83 são considerados indicativos de estresse elevado, especialmente para diferentes raças de ovinos criados no Nordeste do Brasil.

Tabela 2 - Interação dos meses do ano e horários do dia sobre as médias do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) em Morada Nova - CE entre 1965 e 2004.

Meses	Índice de Temperatura e Umidade (ITU)		
	Horários		
	09:00h	15:00h	21:00h
Janeiro	78,34 Cbcd	81,78 Ab	76,71 Cab
Fevereiro	78,18 Bcde	81,19 Ac	76,55 Cabc
Março	78,10 Bdef	80,40 Af	76,20 Ccd
Abril	78,29 Bcde	80,81 Ade	76,40 Cbcd
Maio	77,86 Bf	80,52 Aef	76,03 Cd
Junho	76,70 Bh	79,81 Ag	75,08 Cg
Julho	75,91 Bj	79,73 Ag	74,60 Ch
Agosto	76,25 Bi	80,61 Adef	75,01 Cg
Setembro	77,10 Bg	81,70 Ab	75,38 Cf
Outubro	77,95 Bef	82,41 Aa	75,66 Ce
Novembro	78,50 Babc	82,45 Aa	76,08 Cd
Dezembro	78,54 Bab	82,36 Aa	76,50 Cbc

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Tabela elaborada pelos os autores.

Houve diferença significativa com relação ao horário para todos os meses do ano, apresentando-se as maiores médias no turno da tarde (15:00h). Neste turno, os meses que apresentaram maiores valores para o ITU foram outubro, novembro e dezembro e os menores valores foram registrados nos meses de junho e julho. O mês de julho apresentou as menores médias para ITU em todos os horários estudados.

No turno da tarde, em todos os meses do ano, as médias de ITU estiveram na faixa que representa perigo - entre 79 e 83 - sendo necessária atenção para o fornecimento de condições adequadas para a ovinocultura, evitando estresse animal e perdas produtivas.

A tabela 3 contém os dados da interação dos meses do ano e horários do dia sobre as médias da Umidade Relativa do Ar (UR) em Morada Nova (CE).

Houve uma diferença significativa em relação ao horário ao longo de todos os meses do ano, com as maiores médias observadas no turno da tarde (15:00h). Nesse período, os meses de outubro, novembro e dezembro apresentaram os maiores valores para o ITU, enquanto os menores foram registrados em junho e julho. O mês de julho destacou-se por apresentar as menores médias de ITU em todos os horários analisados.

No turno da tarde, durante todos os meses do ano, as médias de ITU situaram-se na faixa considerada perigosa, variando entre 79 e 83, o que exige atenção especial para garantir condições adequadas à ovinocultura, prevenindo estresse animal e perdas produtivas.

A Tabela 3 apresenta os dados relativos à interação entre os meses do ano e os horários do dia, com as médias da Umidade Relativa do Ar (UR) em Morada Nova (CE).

Dadas as condições ambientais estressantes observadas neste estudo, com Índice de Temperatura e Umidade (ITU) superior a 80 durante a tarde em quase todos os meses do ano, fica comprovado o efeito desse ambiente no desenvolvimento das características de adaptação dos ovinos da raça Morada Nova. Ao longo dos anos, a criação da raça nessas condições ambientais permitiu que ela se tornasse uma das mais resistentes às elevadas temperaturas do Nordeste brasileiro.

Segundo Souza et al. (2015), a produção animal nas regiões tropicais enfrenta limitações devido a fatores como altas temperaturas, irregularidade nas chuvas, secas recorrentes e a escassez de forragens. Além disso, há um agravante relacionado ao fato de que a maioria das raças selecionadas para maior produção provém de países de clima temperado, o que dificulta o alcance do potencial produtivo máximo dessas raças nas condições climáticas típicas dos trópicos. Nesse contexto, é essencial compreender a capacidade de adaptação das espécies e raças utilizadas no Brasil, bem como identificar os sistemas de criação e as práticas de manejo mais adequados para garantir uma produção pecuária sustentável nas regiões tropicais.

A capacidade de adaptação pode ser avaliada pela habilidade do animal em se ajustar às condições ambientais adversas, mantendo um bom desempenho, com uma taxa reprodutiva elevada, resistência a doenças e baixa mortalidade (Hafez, 1973).

Tabela 3 Interação dos meses do ano e horários do dia sobre as médias da Umidade Relativa do Ar (UR) em Morada Nova - CE entre 1965 e 2004.

Meses	Umidade Relativa (%)		
	Horários		
	09:00h	15:00h	21:00h
Janeiro	64,61 Be	45,27 Cd	76,93 Aef
Fevereiro	69,84 Bc	52,42 Cc	81,30 Ac
Março	75,62 Ba	62,65 Ca	87,30 Aa
Abril	75,00 Ba	61,44 Ca	88,69 Aa
Maio	72,73 Bb	58,51 Cb	87,68 Aa
Junho	67,96 Bd	52,84 Cc	84,76 Ab
Julho	62,59 Bf	45,08 Cd	79,50 Ad
Agosto	55,47 Bhi	36,85 Cef	76,00 Aefg
Setembro	52,47 Bj	33,33 Cg	74,61 Afg
Outubro	53,27 Bij	33,62 Cg	74,64 Afg
Novembro	54,67 Bhij	35,56 Cf	74, 25 Ag
Dezembro	58,37 Bg	38,11 Cef	74, 92 Afg

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($p<0,05$) pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela elaborada pelos os autores.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Segundo Baeta e Souza (1997), o conceito de adaptação a um ambiente específico está relacionado às mudanças estruturais, funcionais ou comportamentais observadas no animal, com o objetivo de garantir sua sobrevivência, reprodução e produção em condições extremas ou desfavoráveis. Eles classificam a adaptação em quatro tipos: a adaptação biológica, que diz respeito às características morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais do animal, permitindo-lhe sobreviver e se manter bem em um ambiente determinado; a adaptação genética, que se refere às características hereditárias que favorecem a sobrevivência em um ambiente específico, podendo provocar alterações ao longo de várias gerações (por meio da seleção natural) ou resultar na aquisição de características genéticas e

A frequência respiratória é um parâmetro amplamente utilizado para avaliar a capacidade de adaptação dos ovinos. Em estudos realizados no Brasil, com ITGU médio de 76,52 e 82,53, foi observado um aumento médio de 32,24 movimentos por minuto (variando de 45,13 para 77,37 mov./min.) durante os turnos da manhã e da tarde, respectivamente (CEZAR et al., 2004; SANTOS et al., 2006; ANDRADE et al., 2007; VERÍSSIMO, 2009; SOUZA; BATISTA, 2014).

A frequência respiratória também pode ser usada para medir a intensidade do estresse térmico nos ovinos. Valores entre 40-60 movimentos por minuto indicam estresse leve, 60-80 movimentos por minuto correspondem a um estresse médio-alto, e 80-120 movimentos por

minuto sinalizam um estresse elevado para os ruminantes. Quando a frequência ultrapassa 200 movimentos por minuto, o estresse é classificado como severo (SILANIKOVE, 2000).

Entre as raças de ovinos criadas no Nordeste do Brasil, as deslanadas destacam-se pela sua maior capacidade de tolerância ao calor, compondo a maior parte do rebanho dessa região. As principais raças deslanadas incluem Santa Inês, Morada Nova, Somalis Brasileira, Rabo Largo, Cariri e Dâmara, sendo que, entre as semi-lanadas, destaca-se a Dorper.

Souza et al. (1990), ao estudarem o comportamento fisiológico de ovinos deslanados específicas (por seleção artificial); a adaptação fisiológica, que consiste no processo de ajuste do animal a um novo ambiente; e a aclimatação, que trata das mudanças adaptativas duradouras que aumentam a tolerância do animal à exposição contínua ou repetida a diferentes estressores climáticos, frequentemente observadas em condições de campo. Dantas et al. (2019), ao investigar as condições de desconforto térmico para ovinos com ITU de 82,7 na sombra e 92 no sol, observou que os ovinos da raça Morada Nova apresentaram frequência respiratória inferior à dos ovinos da raça Somalis, que também é deslanada e considerada uma raça de alta tolerância ao calor.

Ribeiro et al. (2008) em estudo para avaliar os índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos das raças nativas, Cariri, Morada Nova, Barriga Negra e Cara Curta, concluíram que os animais da raça Morada Nova apresentaram a menor temperatura retal e frequência respiratória em relação aos demais grupos estudados, podendo ser considerado a raça mais adaptada às condições experimentais utilizadas.

Silva et al. (2023), em um estudo sobre índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de ovinos ao calor, utilizando câmara bioclimática, verificaram temperaturas retais de 38,11 °C, 38,49 °C e 38,83 °C para ovinos da raça Morada Nova, submetidos às temperaturas de 24 °C, 28 °C e 32 °C, respectivamente. Esses valores são considerados normais para a espécie estudada, o que levou os autores a concluir que a raça Morada Nova apresenta um alto grau de tolerância ao calor, sendo, portanto, uma excelente opção para programas de melhoramento genético com ovinos. Isso pode ser fundamental para garantir a sustentabilidade da ovinocultura diante das mudanças climáticas.

4. Considerações Finais

As condições ambientais avaliadas no município de Morada Nova, CE, com temperaturas elevadas durante a maior parte do ano, provavelmente contribuíram para o desenvolvimento de características de alta adaptação na raça de ovinos Morada Nova. A elevada adaptabilidade dessa raça pode ser observada pela sua perpetuação ao longo dos anos, mesmo em condições de estresse térmico intenso.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela concessão dos dados da estação meteorológica de Morada Nova (CE), através do banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP).

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de Produtividade em Pesquisa.

Referências

ANDRADE, I. S. et al. Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos Santa Inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e à suplementação em pastejo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 540-547, 2007.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais:** conforto animal. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

CEZAR, M. F. et al. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mesíacos perante condições climáticas do trópico semiárido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, p. 614-620, 2004.

DANTAS, N. L. B. et al. Effect of the environment and diet on the physiological variables of sheep in the Brazilian semi-arid region. **Semina: Ciências Agrárias (Online)**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 971-980, 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n2p971.

DOMINGUES, O. **Sobre a origem do carneiro deslanado no Nordeste.** Fortaleza: Seção de Fomento Agrícola do Ceará, 1954. 28 p.

FACÓ, O. et al. Raça Morada Nova: origem, características e perspectivas. **Documentos (EMBRAPA Caprinos e Ovinos)**, n. 76, Sobral, CE, 2008. ISSN 1676-7659.

FERNANDES, A. A. O. Avaliação dos fatores ambientais no desenvolvimento corporal de cordeiros desmamados da raça Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1460-1465, 2001.

HAFEZ, E. S. E. **Adaptación de los animales domésticos.** Barcelona: Editorial Labor, 1973. 563 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estações meteorológicas convencionais e automáticas.** Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 16 out. 2019.

McDOWELL, R. E. **A guide to environmental research on animals.** Washington: [s.n.], 1971. 306 p.

RIBEIRO, N. L. et al. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 614-623, out./dez. 2008.

ROSENBERG, N. J. **Microclimate: the biological environment.** New York: Wiley-Interscience Publication, 1983.

SANTOS, J. R. S. et al. Respostas fisiológicas e gradientes térmicos de ovinos das raças Santa Inês, Morada Nova e de seus cruzamentos com a raça Dorper às condições do semiárido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 995-1001, 2006.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, p. 1-18, 2000.

SILVA, J. A. P. C. et al. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de ovinos nativos mantidos em condições controladas. **Revista Coopex**, v. 14, n. 1, p. 1655-1674, 2023.

SILVA, N. M. M. et al. Avaliações clínicas em ovinos Morada Nova e sua relação com a época do ano na região Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 20., 2010, Palmas. **Anais** [...]. Palmas: ABZ, 2010.

SOUZA, B. B. et al. Comportamento fisiológico de ovinos deslanados no semiárido expostos em ambiente de sombra e em ambiente de sol. **Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], n. 2, p. 1-7, 1990.

CAPÍTULO VIII

Avaliação da adaptação de diferentes grupos genéticos de ovinos deslanados no semiárido brasileiro

Evaluation of the adaptation of different genetic groups of sheep in the Brazilian semiarid region

Autores e afiliações

Maycon Rodrigues da Silva¹, Bonifácio Benício de Souza^{1*}, Nayanne Lopes Batista Dantas¹, Gustavo de Assis Silva², Nágela Maria Henrique Mascarenhas¹, Luanna Figueirêdo Batista¹, Danilo Leite Fernandes³, Talícia Maria Alves Benício⁴, Ariadne de Barros Carvalho¹, Patrício Borges Maracajá⁵

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos, PB, Brasil.

² Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Recife, PE, Brasil.

³ Instituto Federal do Ceará (IFCE), Campus Crato, CE, Brasil.

⁴ Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), Palmas, TO, Brasil.

⁵ Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Ambiental (PPGGSA), Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal, PB, Brasil. Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a capacidade adaptativa de ovinos das raças Somalis, Morada Nova e $\frac{1}{2}$ Doper + $\frac{1}{2}$ Somalis, através do teste de tolerância. Foram utilizados 30 ovinos, sendo 10 de cada grupo genético (Somalis, Morada Nova e $\frac{1}{2}$ Doper + $\frac{1}{2}$ Somalis) todos machos não castrados, com 150 dias de idade, peso vivo entre 21,15 e 22,75 kg, submetidos a confinamento, distribuídos em baias individuais de 1m^2 . Foi fornecida uma dieta nas proporções de 60% volumoso e 40% concentrado. O índice de tolerância ao calor dos animais foi estimado pelos testes de Baccari Júnior e de Benzra, no espaço de três dias ensolarados consecutivos, sendo mensurados os parâmetros fisiológicos: temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR). As médias das temperaturas retais obtidas antes do estresse (TR1) e após o estresse (TR3)

foram aplicadas na fórmula do Índice de Tolerância ao Calor (ITC). A temperatura superficial (TS) foi obtida através da câmera termográfica fluke ti25, calculando a temperatura média do tronco, pescoço e cabeça antes e após o estresse calórico. Todos os grupos genéticos apresentaram índice de tolerância ao calor (ITC) elevado, não diferindo estatisticamente ($P>0,05$), assim como a temperatura retal (TR) também não diferiu entre os tratamentos. A análise de variância revelou diferença significativa ($p<0,05$) para frequência respiratória entre as três condições ambientais, relatando a maior FR logo após o estresse calórico. Houve diferença estatística ($P<0,05$) para temperatura superficial após estresse calórico, frequência respiratória e coeficiente de tolerância ao calor (CTC), mostrando os menores valores para o grupo Morada Nova. Os três grupos genéticos apresentam excelente grau de adaptação ao ambiente estudado e o grupo Morada Nova apresentou-se mais adaptado às condições ambientais do semiárido em relação aos outros animais.

Palavras-chave - ciência animal, estresse calórico, termorregulação, adaptabilidade.

Abstract

The adaptive capacity of sheep of the Somalis, Morada Nova and $\frac{1}{2}$ Doper + $\frac{1}{2}$ Somalis breeds through the tolerance test. 30 sheep were used, 10 of each breed, all uncastrated male, 150 days old, live weight average 21.95 ± 0.80 kg, submitted to a confinement system, distributed in individual stalls of 1 m^2 . The diet provided was 60% bulky and 40% concentrated. The heat tolerance index of the animals was estimated by the Baccari Junior and Benezra tests within three consecutive sunny days, and the physiological parameters were measured: rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR). The means of the rectal temperatures obtained before the stress (RT1) and after the stress (RT3) are applied in the formula of the Heat Tolerance Index (ITC). A superficial temperature (ST) was obtained through the thermographic camera fluke ti25, calculating a mean temperature of the trunk, neck and head before and after caloric stress. All genetic groups presented a high heat tolerance index (HTI), not statistically different ($P>0.05$), nor did a rectal temperature (RT) also differ between treatments. The analysis of variance revealed a significant difference ($P<0.05$) for respiratory rate between three environmental conditions, reporting the highest RR immediately after caloric stress. There was a statistical difference ($P<0.05$) for surface temperature after caloric stress, respiratory rate and heat tolerance coefficient (HTC), showing the lowest values for the Morada Nova group. The three groups showed an excellent degree of adaptation to the studied environment and the Morada Nova group was more adapted to the environmental conditions of the semi-arid region in relation to other groups.

Keywords - animal science, caloric stress, thermoregulation, adaptability.

1. Introdução

A criação de pequenos ruminantes é disseminada por praticamente todos os continentes e está ligada diretamente a capacidade desses animais se adaptarem a diversas condições ambientais. O Brasil possui um rebanho de 18.410.551 ovinos ao longo de todo território do país, com sua maioria concentrados nas regiões Nordeste e Sul de acordo com dados de 2015 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015).

As características climáticas da região Nordeste fazem com que os animais sofram queda de desempenho em vários aspectos produtivos. Principalmente devido a grande exposição às altas temperaturas com forte radiação solar, levando a necessidade de ativar mecanismos fisiológicos para dissipação de calor.

É de grande importância a seleção de animais adaptados que possam produzir e reproduzir-se de forma efetiva no semiárido, tendo em vista as condições climáticas características dessa região. Para isso, o conhecimento dos parâmetros fisiológicos e adaptativos dos ovinos se tornam essenciais na seleção desses animais. De acordo com Souza Júnior et al. (2008) a eficiência produtiva depende do conforto térmico, pois em tal situação não haveria a necessidade de direcionar sua energia para acionar os mecanismos termorreguladores da dissipação de calor.

Existem fatores que interferem de forma negativa nos processos produtivos, tais como: o clima, por exemplo, através da radiação solar, umidade relativa e temperatura do ar, pode alterar os parâmetros fisiológicos desses animais. A frequência respiratória, batimentos cardíacos e temperatura retal são os parâmetros utilizados para avaliar a capacidade de adaptação dos animais ao ambiente (SILVA et al., 2010).

O estudo das variáveis climatológicas juntamente com as respostas fisiológicas dos animais no ambiente em que são criados contribui de forma significativa para adequação do manejo e seleção de raças melhor adaptadas. Sabendo da representatividade social e econômica da ovino-cultura para a região semiárida brasileira torna-se essencial o estudo da susceptibilidade destes às condições de estresse ao calor (SILVA et al., 2015).

Assim, para avaliar a adaptabilidade dos animais ao ambiente em que são criados, estão sendo cada vez mais utilizados os testes de tolerância ao calor. Pois o estudo da eficiência em dissipação de calor é uma das melhores formas de avaliar a capacidade fisiológica dos animais no que diz respeito à tolerância ao calor, o que pode variar entre espécies, raças e indivíduos (SOUZA et al., 2008, MASCARENHAS et al. 2023).

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a capacidade adaptativa de ovinos das raças Somalis, Morada Nova e $\frac{1}{2}$ Doper + $\frac{1}{2}$ Somalis, através do teste de tolerância ao calor.

2. Material e Métodos

2.1 Local e manejo experimental

O experimento foi realizado no setor de ovinocultura do Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Semiárido (NUPEÁRIDO), do Centro de Saúde e Tecnologia Rural, da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Patos – PB, região semiárida nordestina, apresentando um clima semiárido quente (BSH), segundo a classificação de Köppen (BRASIL, 1992). Foram utilizados 30 ovinos, sendo 10 da raça Somalis, 10 da raça Morada Nova e 10 mestiços $\frac{1}{2}$ Doper + $\frac{1}{2}$ Somalis, todos machos não castrados, totalizando três tratamentos (grupos genéticos) com dez repetições cada.

Anteriormente a realização do experimento, o trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/CSTR/UFCG) com Nº de protocolo 088/2016. Os três grupos genéticos foram previamente tratados com anti-helmíntico e vacinados contra clostrídioses. Os animais foram selecionados com aproximadamente 150 dias de idade, peso vivo médio entre 21,15 e 22,75 kg, submetidos a confinamento (figura 1), distribuídos em baias individuais de

1m². Foi fornecida uma dieta a base de feno de tifton e jitirana (volumoso); milho, soja, calcário, fosfato e sal mineral (concentrado) nas proporções de 60% e 40% respectivamente.



Fonte: arquivo pessoal

Figura 1 - ovinos em confinamento

2.2 Dados ambientais

Foram registrados os dados ambientais nos horários de maior incidência de radiação solar entre 12:00 e 16:00 horas durante todo o período experimental. Foi usado um datalogger modelo HOBO® com dois canais externos e dois internos, sendo o canal externo utilizado para acoplar um cabo termopar com globo para efetuar as medições da temperatura de globo negro a sombra (Antes do estresse) e ao sol (Durante o estresse). Foram obtidas a temperatura do ar (TA) máxima (Tmáx) e mínima (Tmin), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN) e de ponto de orvalho (Tpo) e com esses dados calculou-se o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) na sombra e no sol, utilizando-se a fórmula: $ITGU = TGN + 0,36(Tpo) + 41,5$ (BUFFINGTON et al., 1981).

2.3 Testes de tolerância ao calor e parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos avaliados foram: temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR). A TR foi mensurada através de um termômetro veterinário digital, e a FR foi obtida mediante a auscultação indireta dos sons respiratórios, com o auxílio de um estetoscópio flexível colocado ao nível da região torácica. Para o cálculo do coeficiente de tolerância ao calor (CTC), foi utilizado o teste de Benezra, modificado, segundo Muller (1989), com a seguinte fórmula: $CTC = (TR/39,1 + FR/19)$.

O índice de tolerância ao calor dos animais foi estimado pelo teste de Baccari Júnior (1986), no espaço de três dias ensolarados. Para a execução do teste, foi realizada a primeira mensuração da temperatura retal (TR1) e da frequência respiratória (FR1) às 14 horas com todos os animais na sombra. Em seguida, os animais foram expostos ao sol (figura 2), permanecendo contidos nesse ambiente por uma hora, no horário de máxima incidência dos raios solares. Após esse período ao sol, às 15 horas, novamente mensurou-se as variáveis fisiológicas (TR2) e (FR2), posteriormente os ovinos foram submetidos à sombra por mais uma hora. Às 16hs foi realizada a terceira e ultima mensuração (TR3) e (FR3).



Figura 2 - ovinos expostos à radiação solar direta

Fonte: arquivo pessoal

As médias das temperaturas retais obtidas (TR1 e TR3) foram aplicadas na fórmula do Índice de Tolerância ao Calor, $ITC = 10 - (TR3 - TR1)$, no qual é determinado o grau de adaptação dos animais pela diferença entre temperaturas, as quais, quanto mais próximo o resultado dessa diferença for de 10, maior capacidade do animal em dissipar o calor.

2.4 Análise termográfica

A temperatura superficial (TS) de cada animal foi obtida através de uma câmera termográfica de infravermelho (Fluke Ti 25), quando os animais permaneceram imóveis, sem qualquer restrição e com pouca manipulação, evitando causar possível estresse nos mesmos.

Foram realizadas imagens do lado direito de cada animal (figura 3) dos diferentes grupos genéticos, sendo uma imagem em condições de repouso na sombra (antes do estresse), e outra após serem submetidos à radiação solar direta por uma hora (após o estresse). Posteriormente os termogramas foram analisados pelo software *Smartview* versão 3.15, através do qual foram obtidas temperaturas médias de três regiões abrangendo a maior parte do corpo do animal (cabeça, pescoço e tronco), para obter a temperatura superficial, considerando-se a emissividade de 0,98.

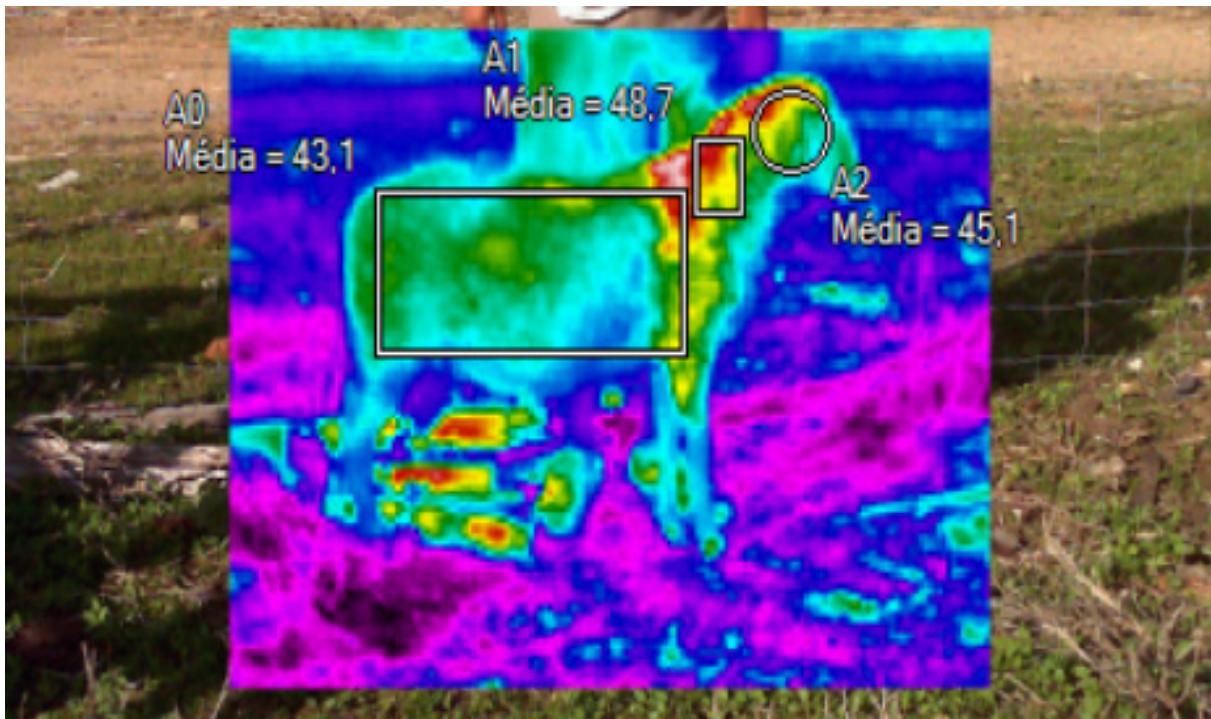


Figura 3 – Termografia de infravermelho em ovinos

Fonte: arquivo pessoal

A análise de variância foi realizada por intermédio do programa estatístico SAS 9.3 (2011) e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

3.1 Variáveis Ambientais

Os valores médios das variáveis ambientais obtidos durante os testes de tolerância ao calor, independente das condições analisadas os valores da TA, UR, Tpo, Tmáx e Tmin se mantiveram aproximados (tabela 1). Apenas os valores de TGN e ITGU apresentaram valores distantes quando comparados com as condições antes do estresse calórico (sombra) e após o estresse calórico (sol).

Os valores de ITGU encontrados na sombra e no sol foram 82,85 e 98,28 respectivamente (tabela 1), o que revela o alto estresse térmico a esses animais proporcionado pelo ambiente, visto que valores de ITGU de 82,4 no período da tarde aumentaram FR (96,47 mov./min.) e TR (40°C) em estudo feito por Cezar et al. (2004) em ovinos de diferentes genótipos, indicando que os animais estavam em situação de desconforto térmico.

Tabela 1 - Média das variáveis ambientais obtidas durante o experimento

Variáveis ambientais	Antes do estresse calórico (Sombra)	Após estresse calórico (Sol)
TA (°C)	32,5	32,9
UR (%)	53,7	51,8
TGN (°C)	33,4	48,9
Tpo (°C)	22,1	21,9
Tmáx (°C)	33,3	34,1
Tmin (°C)	31,2	33,5
ITGU	83,55	98,30

Mario et al (2013) observaram valor de ITGU máximo de 94,8 no local de criação extensiva dos ovinos. O que demonstra uma situação em que os animais estiveram expostos a um ambiente de desconforto térmico.

Um indicativo de estresse médio-alto para ovinos pode ser relatado quando o valor de ITGU encontrado estiver igual a 83 (SOUZA, 2010). Assim pode-se considerar que o ITGU de 83,55 encontrado no ambiente de sombra deste experimento já estaria indicando uma situação de desconforto térmico para os animais.

3.2 Análise das imagens termográficas

Os resultados da temperatura superficial dos ovinos no ambiente de sombra (Antes do estresse) e sol (Após o estresse) mostram que houve interação significativa entre os fatores raças e condições de estresse (tabela 2). Apesar da condição antes do estresse não apresentar diferença ($p>0,05$), os ovinos da raça Morada Nova quando avaliados após o estresse apresentaram a temperatura superficial menor, quando comparados com os outros grupos genéticos.

Tabela 02. Médias da temperatura superficial (TS), antes do estresse e após o estresse de ovinos Morada Nova, Somalis e $\frac{1}{2}$ Doper + $\frac{1}{2}$ Somalis.

Raças	Antes do estresse	Após o estresse
Morada Nova	37,93 Ba	41,08 Ab
Somalis	37,95 Ba	43,94 Aa
$\frac{1}{2}$ Doper + $\frac{1}{2}$ Somalis	37,84 Ba	44,05 Aa
CV %	2.4361	2.4361

Médias seguidas de letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

Em condições de altas temperaturas, manter a temperatura corporal na sua normalidade torna-se difícil devido a diminuição do gradiente térmico entre o animal e o meio (Silva, 2013). O que explica as imagens termográficas após o estresse, evidenciando a influência direta da radiação solar, temperatura do ar e umidade relativa sobre os animais, aumentando a TS em todos os grupos genéticos. As imagens feitas antes do estresse não revelaram aumento da TS devido a pouca incidência de radiação sobre os animais no ambiente de sombra.

Para a manutenção da homeotermia, os animais aumentam o fluxo sanguíneo superficial através de vasodilatação, o que ocasiona aumento na temperatura corporal (RIBEIRO et al., 2008). Com o uso da termografia de infravermelho, é possível avaliar pontos diferentes com valores de temperatura radiante para informações sobre os eventos fisiológicos dos animais (BOUZIDA et al., 2009). Sabendo que a superfície da pele transfere parte da energia na forma de calor, é de extrema relevância o uso da termografia, a fim de verificar as variações térmicas existentes.

A coloração considerada marrom ou vermelha dos ovinos Morada Nova poderia ser um fator prejudicial em termos de absorção de calor quando comparado com os somalis e os mestiços, tendo em vista a menor efetividade de reflecção dos raios solares em animais que tem o pelame escuro (MCMANUS et al., 2011). Porém os resultados encontrados apontam que a coloração escura do pescoço e cabeça, característica da raça Somalis, pode ter ocasionado uma maior absorção de calor em termos gerais, assim como a pelagem parcialmente lanada dos mestiços pode ter dificultado a perda de calor na superfície da pele, explicando sua maior TS média após o estresse.

Por outro lado, a coloração dos ovinos Somalis e mestiços usados nesse experimento, tem seu lado positivo em termos de proteção dos tecidos moles contra os efeitos deletérios dos raios solares. Isso pode se enquadrar como uma das características de coloração que segundo Correa et al. (2013), podem ser usadas na separação de grupos genéticos de ovinos tolerantes ao calor de forma efetiva.

3.4 Variáveis fisiológicas

Na Tabela 03 estão os valores médios dos parâmetros fisiológicos dos animais em estudo. A análise de variância revelou diferença significativa ($p<0,05$) para frequência respiratória dos animais em estudo entre as três condições de estresse calórico, em que a maior FR foi observada logo após o estresse calórico. Pois nas situações de calor extremo, os animais não conseguem perder calor pela forma sensível (através do gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente) havendo aumento da perda de calor pela forma insensível (aumentando a frequência respiratória e da evaporação cutânea) (SOUZA et al., 2013).

As médias da temperatura retal e do coeficiente de tolerância ao calor diferiram entre as condições de estresse calórico, nas quais imediatamente após o estresse os animais apresentaram a TR e CTC mais elevados. A condição de uma hora após o estresse revelou uma diminuição nesses mesmos parâmetros, mostrando a capacidade dos animais em retornar a temperatura próxima da inicial (antes do estresse). Os valores médios do CTC, demonstram que os animais encontram-se

adaptados às condições ambientais estudadas. Segundo Muller (1989), quanto mais próximo de 2 for o resultado do coeficiente de tolerância ao calor (CTC), mais adaptado ao calor é o animal.

Tabela 03. Médias da frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), e do coeficiente de tolerância ao calor (CTC) dos animais.

Condições de estresse calórico	FR (mov/min)	TR (°C)	CTC
Antes do estresse	78,13 C	38,94 C	5,10 C
Logo após o estresse	153,82 A	39,65 A	9,11 A
Uma hora após o estresse	89,91 B	39,21 B	5,73 B
CV %	16,518	1,019	14,005

Médias seguidas de letras maiúscula diferentes na coluna diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. CV = coeficiente de variação.

De acordo com Cunningham (2004), os valores da TR em ovinos podem variar de 38,5 a 39,9 °C, dependendo dos fatores que interferem e causam variações na temperatura corporal, como: exercício, idade, estação do ano, sexo, raça, período do dia e digestão de alimentos. Observa-se assim, que os valores da TR permaneceram dentro dos limites para a espécie em todas as condições em que os animais foram submetidos.

Na Tabela 04 estão descritos os valores dos parâmetros fisiológicos, índice de tolerância ao calor (ITC) e do coeficiente de tolerância ao calor (CTC) para os três grupos genéticos em estudo (Morada Nova, Somalis e ½ Doper + ½ Somalis). Houve diferença ($p<0,05$) para a FR e CTC da raça Morada Nova, mostrando um valor menor quando comparado aos outros animais. O CTC entre os grupos Somalis e os mestiços ½ Doper + ½ Somalis são aproximados, assim como o ITC, que não resultou em diferença ($p>0,05$) entre os grupos. Ao analisar a TR, verificou-se que não houve diferenças entre os grupos, nem alterações fora da normalidade para a espécie.

Em um escala de 0 a 10, para ovinos, quanto mais próximo de 10 for o resultado do ITC, mais tolerante ao calor é o animal, assim como para o CTC, quanto mais próximo de 2, o animal também se mostra mais tolerante ao calor. Dessa forma pode-se inferir que o grupo Morada Nova se mostrou mais tolerante ao calor do que os outros animais, por apresentarem uma média de CTC mais próximo de 2 e médias de ITC mais próximas de 10.

Os ovinos Somalis e os mestiços ½ Doper + ½ Somalis apresentaram maior FR após a exposição à radiação solar, demonstrando que, para retornar ao equilíbrio térmico foi necessária à ativação dos mecanismos de perda de calor na forma insensível (evaporação respiratória), devido aos mecanismos sensíveis de perder calor (radiação, condução e convecção) não serem eficientes nas condições estudadas.

Tabela 04. Médias da frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), coeficiente de tolerância ao calor (CTC) e do índice de tolerância ao calor (ITC) de ovinos Morada Nova, Somalis e ½ Doper + ½ Somalis.

Raças	FR (mov/min)	TR (°C)	CTC	ITC
Morada Nova	93,1 B	39,18 A	5,94 B	9.70 A
Somalis	112,48 A	39,25 A	6,92 A	9.66 A
½ Doper + ½ Somalis	115,46 A	39,37 A	7,08 A	9.49 A
CV %	16,518	1,019	14,005	2,026

Médias seguidas de letras maiúscula nas colunas diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. CV = coeficiente de variação.

Os resultados acima estão de acordo com os de Silva (2013), quando se afirma que a manutenção da temperatura corporal se dá pelas trocas de calor com o ambiente, onde em temperaturas amenas, a forma sensível atua na dissipação do calor devido ao elevado gradiente de temperatura entre o animal e o meio ambiente. Já em situações de estresse por calor, as evaporações, através do aumento da frequência respiratória e da taxa de sudação na superfície da pele, tornam-se os principais mecanismos de perda de calor.

Roberto et al (2014) estudando gradientes térmicos de caprinos, observaram maior dissipação de calor na forma sensível no turno da manhã, pois o gradiente térmico entre a superfície corpórea e a temperatura do ar nesse período esteve maior. Ao contrário da tarde, período com a temperatura mais elevadas, onde o gradiente se encontra menor e consequentemente a perca de calor se dá através da evaporação cutânea e respiratória.

O estresse térmico em ruminantes pode ser quantificado pela quantidade de movimentos respiratórios por minuto. Uma frequência respiratória de 40-60; 60-80 e 80-120 mov./min, caracterizam, respectivamente estresse baixo, médio-alto, alto. Acima de 200 mov./min, seria caracterizado estresse severo em ovinos (Silanikove, 2000). A respiração contínua e acelerada interfere desde a ingestão de alimentos até a ruminação, podendo acrescentar calor endógeno a partir da ação e atividade muscular desviando energia que poderia ser usada para aumentar o desempenho produtivo (Souza et al., 2010).

Assim, mesmo que haja adaptação dos animais às altas temperaturas, as respostas e mecanismos fisiológicos são essenciais para sobrevivência, mas podem vir a prejudicar os processos produtivos e reprodutivos quando usados em demasia (KUMAR e DE, 2013). Por isso, é importante o conhecimento das características adaptativas dos animais ao ambiente onde vivem, junto aos diversos fatores que interferem nos sistemas de produção.

4. Conclusões

Os três grupos em estudo reagiram de forma positiva ao teste de tolerância ao calor, representando bom recurso genético que deve ser conservado e disseminado, uma vez que os animais apresentam excelente adaptação ao ambiente semiárido.

O grupo Morada Nova apresentou-se mais adaptada às condições ambientais do semiárido demonstrando ser uma alternativa adequada para os programas de cruzamento e melhoramento genético.

Referências

BACCARI JUNIOR, F.; POLASTRE, R.; FRÉ, C. A.; ASSIS, P. S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. In: **Reunião Anual da Sociedade de Zootecnia**, 23., 1986, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: . p. 316 SBZ, 1986.

BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X.P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.34, n.3, p.120-126, 2009.

BRASIL. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas: 1961-1990**. Brasília, DF: Embrapa-SPI. 1992.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. Black golbe-humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, Amsterdam, v.24, p.711-714, 1981.

CEZAR, M. F. Características de carcaça e adaptabilidade fisiológica de ovinos durante a fase de cria. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal da Paraíba. Areia PB, 88p. 2004.

CORREA, M. P. C.; DALLAGO, B. S. L.; PAIVA, S. R.; et al. Multivariate analysis of heat tolerance characteristics in Santa Inês and crossbred lambs in the Federal District of Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v.45, p.1407-1414, 2013.

CUNNIGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3^aed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 454p. 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2015. <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3939&z=p&o=27>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2017.

KUMAR, D. & DE, K. Extreme climatic variables affecting male reproduction in sheep. In: SAHOO, A.; KUMAR, D.; NAQVI, S.M.K. (Eds). Climate resilient small ruminant production.

National Initiative on Climate Resilient Agriculture (NICRA), Central Sheep and Wool Research Institute, Izatnagar, India. p. 1-106. 2013.

MÁRIO, M. V. B. R.; GERTRUDES M. O.; ANDREA C. A.; et al. Conforto e estresse térmico em ovinos no Norte da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB v.17, n.12, p.1355–1360, 2013.

MASCARENHAS, N.M.H., et al. Thermal stress index for native sheep. **Journal of Thermal Biology**, v.115, 103607, 2023.

MCMANUS, C.; LOUVANDINI, H.; GUGEL, R.; et al. Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. **Tropical Animal Health and Production**, vol.43, p.121–126, 2011.

MULLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 262p. 1989.

RIBEIRO, N.L.; FURTADO, D.A.; MEDEIROS, A.N.; et al. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.28, n.4, p.614-623, 2008.

ROBERTO, J.V.B.; SOUZA, B.B.; FURTADO, D.A.; DELFINO, L.J.B.; Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal Animal Behavior Biometeorol** v.2, n.1, p.11-19. 2014.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, n. 67, p.1-18, 2000.

SILVA E. M. N.; SOUZA B.B.; SOUZA O. B., SILVA G. A.; FREITAS M. M. S.; Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v.23, p.142-148, 2010.

SILVA, A. L.; SANTANA, M. L. A.; SOUSA P. H. A. A.; et al. Avaliação das variáveis fisiológicas de ovinos Santa Inês sob influência do ambiente semiárido piauiense. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.3, n.2, p.69-72, 2015.

SILVA, G. A.; Avaliação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na melhoria do bem-estar de novilhas leiteiras em confinamento. Dissertação, **Instituto de Zootecnia**. 2013.

SOUZA JUNIOR, S. C.; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M.; et al. Características termorregulatorias de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semi-árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v.10, n.2, p.127-137, 2008.

SOUZA B. B.; SILVA A.L.N.; PEREIRA FILHO, J. M.; BATISTA N. L. et al. Respostas fisiológicas de caprinos terminados em pastagem nativa no semiárido paraibano. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.1, p.37-43, 2013.

SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.; et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.6, n.2, p.59-65, 2010.

SOUZA, B. B.; SOUZA, E. D.; CEZAR, M. F.; et al. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. **Ciência Agrotecnologica**, v.32, n.1, p.275-280, 2008.

STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; NEGRÃO, J. A.; et al. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2064-2073, 2005.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE – SAS. SAS/TAT 9.3. User's guide. Cary, NC: **SAS Institute Inc.** 8621p, 2011.

CAPÍTULO IX

Respostas fisiológicas de caprinos nativos em ambientes de sol e sombra no semiárido brasileiro

(Physiological responses of native goats in sun and shade environments in the Brazilian semiarid)

Autores e afiliações

Nágela Maria Henrique Mascarenhas¹, Bonifácio Benicio de Souza*², Dermeval Araújo Furtado¹, Maycon Rodrigues da Silva², Talícia Maria Alves Benicio³, Luanna Figueirêdo Batista², Fabíola Franklin de Medeiros², Danilo Leite Fernandes⁴, Expedito Danúsio de Souza⁴, João Vinícius Barbosa Roberto⁵

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Campina Grande-PB, Brasil.

² Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Patos-PB, Brasil.

³ Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), Palmas-TO, Brasil.

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Ceará, Brasil.

⁵ Faculdades Nova Esperança (FACENE/FAMENE), João Pessoa-PB, Brasil.

Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar a adaptabilidade de caprinos nativos em ambientes exposto ao sol e a sombra, por meio das variáveis fisiológicas. O experimento foi realizado em duas épocas (menos quente e mais quente) em Patos/PB e foram avaliadas as variáveis fisiológicas, temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), durante o período da tarde (13h e 14h) de 12 caprinos, sendo 6 machos (não castrados) e 6 fêmeas da raça Moxotó em ambientes exposto ao sol e exposto a sombra. A análise de variância revelou efeito significativo ($P<0,05$) do fêmea em relação ao macho sobre a TR e a FR, contudo não se verificou efeito significativo ($P>0,05$) do fator época do ano. Os caprinos Moxotó, mantiveram-se dentro da homeotermia, em ambos os ambientes, utilizando os mecanismos fisiológicos para manutenção da temperatura interna mantendo-a dentro da normalidade estabelecida para a espécie.

Palavras-chave - adaptability, environmental conditions, stress, homeothermy.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the adaptability of native goats in environments exposed to sun and shade through physiological variables. The experiment was conducted in two seasons (less hot and hot) in Patos, Paraíba State, Brazil. Physiological variables — rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR) — were measured in 12 goats (6 males, not castrated, and 6 females of the Moxotó breed) during the afternoon (1:00 p.m. and 2:00 p.m.) under sun and shade exposure. Analysis of variance revealed a significant effect ($P<0.05$) of sex on RT and RR, with females showing higher values than males. However, no significant effect ($P>0.05$) of the season factor was observed. Moxotó goats remained within homeothermy in both environments, using physiological mechanisms to maintain internal temperature within the normal range established for the species.

Keywords: adaptability, environmental conditions, stress, homeothermia.

1. Introdução

A caprinocultura vem ganhando destaque no cenário do agronegócio brasileiro, com um rebanho estimado em aproximadamente 14 milhões de animais, o que coloca o país em 18º lugar no ranking mundial de exportações. A Região Nordeste concentra a maior fração do rebanho nacional de caprinos — cerca de 93%, totalizando 9,09 milhões de cabeças (MAPA, 2015). Nessa região, a caprinocultura possui grande importância socioeconômica, configurando-se como fonte alternativa de alimento de alta qualidade (LIMA et al., 2017).

Apesar desses números expressivos, algumas limitações podem interferir de forma significativa na produtividade desses animais. Entre os principais fatores climáticos destacam-se a temperatura, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a radiação solar, que provocam alterações nas variáveis fisiológicas, especialmente na temperatura retal e na frequência respiratória (BORGES et al., 2016).

As regiões áridas e semiáridas caracterizam-se por apresentar altas temperaturas, baixa umidade relativa e déficit hídrico, principalmente durante o período seco do ano. Essas condições podem comprometer a produtividade pecuária, embora favoreçam a criação de pequenos ruminantes, como ovinos e caprinos, devido à sua elevada capacidade de adaptação e produção sob condições climáticas extremas — mesmo em cenários de mudanças climáticas (NUNES et al., 2020; FACANHA et al., 2020).

A criação de pequenos ruminantes constitui parte essencial da pecuária nordestina, que concentra a maior parte do efetivo caprino brasileiro (93,9%), com um total de 10,04 milhões de cabeças (IBGE, 2019). O sistema de criação predominante é o extensivo ou semi-intensivo, com os animais frequentemente expostos à radiação solar direta (MASCARENHAS et al., 2023). Entre as raças de caprinos criadas no Nordeste, destaca-se a raça Moxotó, reconhecida por seu elevado grau de adaptabilidade ao ambiente semiárido (SOUZA et al., 2019; LEITE et al., 2021).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a adaptabilidade de caprinos da raça Moxotó expostos a ambientes de sol e sombra no semiárido brasileiro.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Semiárido (NUPEÁRIDO), pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Patos-PB, localizado na região do semiárido brasileiro, com latitude 07°05'28" S, longitude 37°16'48" W e altitude de 250 m. O clima da região é do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual máxima de 32,9 °C, mínima de 20,8 °C e umidade relativa média de 61% (BRASIL, 1992).

Foram utilizados 12 caprinos da raça Moxotó, sendo seis machos (não castrados) e seis fêmeas, com peso vivo médio inicial de aproximadamente 26 kg e idade entre 6 e 12 meses. Os animais foram mantidos em sistema extensivo e avaliados em duas épocas do ano: menos quente (julho e agosto) e quente (setembro e outubro), totalizando oito coletas de dados ao longo de quatro meses. Durante as aferições das variáveis fisiológicas, os animais permaneceram em jejum e sem acesso à água.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$ (dois sexos, duas épocas e dois ambientes), com três repetições e repetição no tempo (épocas).

As variáveis ambientais durante o período experimental foram registradas por meio de dois dataloggers do tipo HOBO®, cada um com um canal externo e um interno, instalados em locais expostos ao sol e à sombra, a uma altura correspondente à dos animais. Foram coletadas as seguintes variáveis: temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN) e temperatura de ponto de orvalho (Tpo). Com esses dados, calculou-se o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), utilizando-se a fórmula: $ITGU = TGN + 0,36 \times Tpo + 41,5$, conforme descrito por Buffington et al. (1981). As leituras das variáveis ambientais foram realizadas nos mesmos horários das aferições fisiológicas, durante os oito dias de coleta.

As variáveis fisiológicas avaliadas foram a temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR), mensuradas em oito dias distintos, no turno da tarde, em ambas as épocas do ano. A TR foi obtida com o uso de termômetro veterinário digital, com escala de 0 a 44 °C, inserido no reto do animal por um período mínimo de dois minutos, à profundidade de quatro centímetros. A FR foi determinada pela contagem dos movimentos respiratórios, utilizando-se um estetoscópio flexível posicionado na região laringotraqueal; os movimentos foram contados durante 30 segundos e multiplicados por dois, expressando-se o resultado em movimentos por minuto ($mov.\cdot min^{-1}$).

3. Resultados e Discussão

As médias registradas para as variáveis ambientais: temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), temperatura do globo negro (TGN) e índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), estão descritos na tabela 1.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para as variáveis ambientais. Os valores do ITGU foram superiores a 83, durante as épocas e nos ambientes estudados. O que demonstra a situação de desconforto em que esses animais criados em sistema extensivo encontram-se.

Ao estudarem as respostas de fisiológicas de caprinos com base nos dados climáticos no município de Pacatuba – Ceará, durante o período de um ano, Salles et al. (2009) afirmam que independente da época do ano, é durante o turno da tarde que ocorre um maior desconforto térmico para os animais.

Tabela 1. Média das variáveis ambientais, da temperatura ambiente, umidade relativa e índice de temperatura globo negro e umidade nas duas épocas (menos quente e quente) em função dos ambientes.

Fatores	Variáveis ambientais			ITGU
	TA	UR	TGN	
Ambiente				
Sombra	34,63B	30,06A	36,75B	83,55B
Sol	36,61A	26,67B	38,29A	84,97A
Época do ano				
Menos quente	34,56B	29,51A	36,11B	82,77B
Quente	36,67A	27,23B	38,93A	85,75A
CV (%)	2,82	10,71	3,63	1,60

Médias seguidas de letras não semelhantes diferem ($P<0,05$) pelo teste F. CV (%): Coeficiente de variação.

As médias referentes à TR e FR encontram-se na tabela 2, onde a análise de variância revelou efeito significativo ($P<0,05$) do fêmea em relação ao macho sobre a TR e a FR, contudo não se verificou efeito significativo ($P>0,05$) do fator época do ano.

Tabela 2. Médias das variáveis fisiológicas, temperatura retal (TR – °C) e frequência respiratória (FR – mov.min) de caprinos (Moxotó) nas duas épocas (menos quente e quente) em função dos ambientes.

Fatores	Ambientes				
	Sombra		Sol		
	Variáveis fisiológicas				
	TR	FR	TR	FR	
Sexo	Macho	38,75B	84,66A	39,31B	123,00A
	Fêmea	38,99A	86,33A	39,68A	136,33A
Época	Menos quente	38,76B	84,50A	39,43A	136,66A
	Quente	38,99A	86,50A	39,56A	122,66A
CV (%)		0,54	26,09	0,52	32,71

Médias seguidas de letras não semelhantes diferem ($P<0,05$) pelo teste F.

Os caprinos machos alocados em ambiente com sombra, apresentaram menores valores de TR ($38,75^{\circ}\text{C}$), e no ambiente exposto ao sol, alcançou o valor de $39,31^{\circ}\text{C}$. Resposta diferente observada para as fêmeas, que apresentaram maiores médias de TR em ambos ambientes. Houve a variação da TR de $38,99^{\circ}\text{C}$ nas fêmeas alocadas em ambiente com sombra, e $39,68^{\circ}\text{C}$ em ambiente exposto ao sol. Apesar da sutil variação do índice, o mesmo permaneceu dentro da normalidade para espécie caprina de $38,5^{\circ}\text{C}$ a $40,0^{\circ}\text{C}$,

As fêmeas apresentaram temperatura retal mais elevada que os machos, em ambos ambientes e em ambas as épocas do ano, o que pode ser explicado pelo fato dessas fêmeas serem mais sensíveis aos efeitos do ambiente, devido à alta atividade hormonal, dependendo da fase em que ela se encontra (gestação, lactação, etc). Ogebe et al. (1996) afirmam que temperatura retal e a frequência respiratória são influenciadas pelo sexo e pela estação do ano.

Animais que se encontram em situação de desconforto térmico, e exposto a radiação solar direta, tendem a realizar maiores esforços fisiológicos para manter a homeotermia normal. Um dos primeiros sinais desse desconforto, é o aumento da frequência respiratória, que vai auxiliar na dissipação de calor. Para FR os valores médios, considerados normais para os caprinos variam de 12 a 25 mov/min, sendo influenciados pelo trabalho muscular, idade, tamanho, gestação, ingestão de alimentos (Kolb, 1987). Os valores encontrados no estudo foram superiores aos considerados normais, demonstrando que, mesmo à sombra a condição térmica é estressante para esses animais, uma vez que eles tiveram que utilizar a FR para perder calor.

Valores elevados de FR, nem sempre indicam que o animal esteja em estresse térmico, sendo assim, caso a FR registrada estivesse muito elevada, mas em contrapartida, o animal tenha sido eficiente em dissipar calor, conseguindo manter sua homeotermia, poderá não ter ocorrido estresse térmico, mas com gasto de energia no processo da termorregulação, o que contribui para um menor desempenho.

4. Conclusões

Os caprinos Moxotó, mantiveram-se dentro da homeotermia, em ambos os ambientes, utilizando os mecanismos fisiológicos para manutenção da temperatura interna mantendo-a dentro da normalidade estabelecida para a espécie.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa de produtividade do segundo autor.

Referências

BORGES, L.S.; EVANGELISTA, A.F.; BARROS JUNIOR, C.P.; SILVA, A.L.; ANDRADE, T.V. O ambiente semiárido brasileiro influencia as respostas fisiológicas de caprinos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.4, p.17-21, 2016.

BRASIL. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas**: 19611990. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1992. 84p.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.

FACANHA, D.A.E.; FERREIRA, J.; SILVEIRA, R.M.F.; NUNES, T.L.; OLIVEIRA, M.G.C.; SOUSA, J. E.R.; PAULA, V.V. Are locally adapted goats able to recover homeothermy, acid-base and electrolyte equilibrium in a semi-arid region. **Journal of Thermal Biology**, v.90, n.1, p.259-267, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.itherbio.2020.102593>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA — IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal. 2019. Tabela 3939:** efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho (2008 a 2018). [httos://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939](http://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939). 25 Jan. 2021.

KOLB. Fisiologia Veterinária. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. 612p.

LEITE, J.H.G.M.; FACANHA, D.A.E.; BERMEJO, J.V.D.; GUILHERMINO, M.M.; BERMEJO, L.A. Adaptive assessment of small ruminants in arid and semi-arid regions. **Small Ruminant Research**, v.203, n.3, e106497, 2021.

LIMA, T.L.S.; ALVES, R. DO N.; CAVALCANTI, M.T.; et al. Padronização do processamento de queijo Coalho caprino condimentado com cumaruproduzido por agroindústria na Paraíba. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Pombal, v.12, p.562-567, 2017.

LUCENA, L.F.A.; FURTADO, D.A.; NASCIMENTO, J.W.B.; MEDEIROS, A.N.; SOUZA, B.B. Respostas fisiológicas de caprinos nativos mantidos em temperatura termoneutra e em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.672–679, 2013.

MAPA - Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2015. **Caprinos e ovinos**. Disponível: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/caprinos-e-ovinos>>. Acesso em: 29 de Maio de 2018.

MASCARENHAS, N.M.H., SOUZA, B.B.; FURTADO, D.A.; et al. Thermal gradient of local sheep and goats reared in the Brazilian semi-arid region. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*, v.18, n.2, e3020, 2023.

NUNES, S.F.; FERREIRA, J.; SILVEIRA, R.M.F.; SALES, D.C.; SOUSA, J.E.R.; PAIVA, S.R.; FACANHA, D.A.E. Morphometric characterization and zoometric indices of white Morada Nova breed: The first step for conservation. **Small Ruminant Research**, v.192, n.2, p.178-186, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106178>.

OGEBE, P.O.; OGUNMODEDE, B.K.; McDOWELL, L.R. Behavioral and physiological responses of Nigerian dwarf goats to seasonal changes of the humid tropics. **Small Ruminant Research**, v.22, p.213-217, 1996.

SALLES, M.G.F.; SOUZA, C.E.A.; RONDINA, D.; MOURA, A.A.A. Respostas fisiológicas ao estresse térmico de bodes Saanen em clima tropical. **Revista Ciência Animal**, v.19, p.19-28, 2009.

SOUZA, M.F.S.; GOMES, L.C.; GONCALVES, T.R.; PASSETTI, R.A.C.; SANTOS, G.R.A. Characterisaton of goat product consumers and goat farming systems in the Brazilian Northeast region. **Small Ruminant Research**, v.179, n.3, p.7-13, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.08.017>.

CAPÍTULO X

Respostas fisiológicas e reprodutivas de caprinos British Alpine nos períodos seco e chuvoso no semiárido paraibano

Physiological and reproductive characteristics of British Alpine goats in dry and rainy periods in the semi-arid region of Paraíba

Autores e afiliações

Luanna Figueirêdo Batista¹; Bonifácio Benicio de Souza^{2*}; Adriana Trindade Soares³;
Maria Dalva Bezerra de Alcântara²; Nágela Maria Henrique Mascarenhas⁴;
José Moraes Pereira Filho²; Norma Lúcia de Souza Araújo⁵; Gustavo de Assis
Silva⁶; Talícia Maria Alves Benício⁷; Fabíola Franklin de Medeiros²

¹ Universidade Vale do Salgado – UNIVS, Icó-CE, Brasil.

² Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

³ Centro Universitário de Patos – UNIFIP, Patos-PB, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

⁵ Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Areia-PB, Brasil.

⁶ Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, Itapetim-PE, Brasil.

⁷ Universidade Estadual do Tocantins – UNITINS, Palmas-TO, Brasil.

Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

Este estudo verificou as características fisiológicas e reprodutivas de caprinos British Alpine nos períodos seco e chuvoso no semiárido paraibano. Foram utilizados seis caprinos da raça British Alpine, com idade entre dois a três anos. Todos os animais foram submetidos a um exame clínico geral seguido do exame andrológico. O experimento foi dividido em duas épocas, seca (setembro a dezembro) do ano de 2016 e chuvosa (abril a julho) do ano de 2017. Durante o período experimental foram registrados os dados climatológicos, por meio de um *datalogger* tipo HOBO com cabo externo acoplado ao globo negro, o *datalogger* foi programado, através de um software, para registrar os dados a cada hora, durante 24 horas, de todos os dias do experimento. As variáveis fisiológicas foram registradas quinzenalmente com duas medidas diárias: às 9h e

às 15h, foram aferidas a frequência respiratória, temperatura retal, temperatura superficial do corpo e temperatura superficial dos testículos. Os níveis sanguíneos de glicose foram verificados quinzenalmente assim como a avaliação andrológica. Os animais do presente estudo na época chuvosa e no turno da manhã estão em um ambiente de conforto térmico e na época seca e no turno da tarde uma situação de desconforto térmico. As médias dos parâmetros fisiológicos, foram superiores na época seca para FR, TR, TSméd e TSmáx. Os valores do PE estão dentro das médias da faixa etária para a idade da espécie. Entre os parâmetros seminais, apenas o turbilhonamento ficou abaixo da média recomendada para a espécie. A média de defeitos espermáticos totais nas épocas não ultrapassaram os padrões seminais desejáveis para a espécie. Conclui-se que Caprinos da raça British Alpine criados no semiárido paraibano apresentaram baixo nível de estresse e boa adaptabilidade fisiológica às condições climáticas do semiárido nas diferentes épocas do ano (período seco e chuvoso). Os parâmetros reprodutivos avaliados sofrem influência negativa exercida pela temperatura ambiente na época seca que interferiram sobre os parâmetros seminais, apresentando uma maior porcentagem de patologias espermáticas.

Palavras-chave - bioclimatologia, reprodução, semiárido, pequenos ruminantes.

Abstract

This study investigated the physiological and reproductive characteristics of British Alpine goats during the dry and rainy seasons in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. Six British Alpine male goats aged between two and three years were used. All animals underwent a general clinical examination followed by an andrological evaluation. The experiment was divided into two periods: the dry season (September to December) of 2016 and the rainy season (April to July) of 2017. During the experimental period, climatological data were recorded using a HOBO-type datalogger with an external cable attached to a black globe. The datalogger was programmed through specific software to record data every hour, 24 hours a day, throughout the experiment. Physiological variables were measured biweekly at two daily times (9:00 a.m. and 3:00 p.m.), including respiratory rate, rectal temperature, body surface temperature, and testicular surface temperature. Blood glucose levels and andrological parameters were also evaluated biweekly. The goats in this study were found to be in a thermoneutral environment during the rainy season and morning hours, and in a heat stress situation during the dry season and afternoon hours. Mean physiological parameters were higher during the dry season for RR, RT, mean surface temperature (TSméd), and maximum surface temperature (TSmáx). Body weight values were within the normal range for the species and age group. Among the seminal parameters, only sperm motility (vortex movement) was below the average recommended for the species. The mean total sperm defects did not exceed the desirable seminal standards. It is concluded that British Alpine goats raised in the semi-arid region of Paraíba showed a low level of stress and good physiological adaptability to the climatic conditions of the semi-arid region across different seasons (dry and rainy). The reproductive parameters evaluated were negatively influenced by ambient temperature during the dry season, which affected seminal quality, resulting in a higher percentage of sperm pathologies.

Keywords - bioclimatology, reproduction, semiarid, small ruminants.

1. Introdução

O clima é um dos fatores que exerce maior efeito sobre a produção, reprodução e o bem-estar animal. É considerado, assim, o fator que regula ou limita a exploração animal em seus diferentes aspectos para fins econômicos (PEREIRA 2005).

O êxito na produção animal decorre de diversos aspectos, dos quais o aspecto reprodutivo constitui um dos principais, e interfere principalmente pela interação genótipo e meio ambiente (ALMEIDA et al. 2007).

A caprinocultura é uma atividade praticada em quase todo território brasileiro, onde a região do Nordeste é responsável por 92,7% do total da espécie no país (IBGE 2015). No entanto, na maioria das vezes, esses animais são criados em situações inóspitas, sob influenciado clima, fator nutricional, manejo produtivo e reprodutivo desfavorável.

Quando o ambiente é de clima temperado a estacionalidade reprodutiva dos animais é atribuída à associação do fotoperíodo e temperatura, no entanto, em clima tropical o efeito ambiente está mais relacionado à época chuvosa e ao seu efeito na quantidade e qualidade da forragem (REGE et al., 2000). Sabendo disso, conhecer o comportamento fisiológico, produtivo e sexual das diferentes espécies e raças em diferentes regiões e épocas em conjunto com as variações na qualidade do ejaculado proporcionam ao produtor a utilização mais coerente dos reprodutores (NUNES 1982, DELGADILLO et al. 1991).

Embora a espécie caprina seja apontada como sendo bastante resistente do ponto de vista bioclimático, a ocorrência da associação de temperaturas elevadas com alta umidade e radiação solar direta, é capaz de ocasionar alterações comportamentais, fisiológicas e reprodutivas, que culminam em redução da produtividade (LU 1989).

Estudos sobre as condições climáticas associadas às respostas fisiológicas são importantes para se conhecer a adaptabilidade das diferentes espécies, criadas em diferentes regiões e sistemas de manejos, o que proporciona também uma comparação das diferentes raças ou grupos genéticos de caprinos (SILVA et al. 2006, SILVA et al. 2010, ROBERTO et al. 2014, MEDEIROS et al. 2015).

É imprescindível o conhecimento do comportamento reprodutivo das raças caprinas que são criadas em clima de temperaturas elevadas, como o semiárido. No Brasil há uma quantidade considerável de estudos sobre a fisiologia reprodutiva de caprinos de diferentes raças em diferentes climas (VALLE et al. 2005, MACHADO JÚNIOR et al. 2011, CÂMARA et al. 2012, VANTIABURG et al. 2015).

Várias pesquisas sobre as características fisiológicas e qualidade seminal já foram realizadas, porém estudos com a raça British Alpine avaliando os parâmetros fisiológicos e seminais em diferentes épocas do ano são escassos. Portanto, objetivou-se avaliar características fisiológicas e reprodutivas de caprinos British Alpine nos períodos seco e chuvoso no semiárido paraibano.

2. Material e Métodos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande através do protocolo CEP 039/2017.

2.1 Local

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Pendência, pertencente à EMEPA-PB (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A.), localizada na mesorregião do Agreste Paraibano, na microrregião do Curimataú ocidental, no município de Soledade, Paraíba. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo semiárido quente (Bsh) com uma estação seca que pode atingir quase todo o ano, com média de temperatura máxima anual de 24,5°C e mínima de 16,5°C. Umidade relativa do ar em torno de 50%, precipitação pluvial, em média, de 400mm anuais, no ano de 2016 foi de 240mm e no ano de 2017 foi de 74mm (AESPA-PB 2018, EMEPA-PB 2018).

2.2 Animais e manejo

Foram utilizados seis caprinos da raça British Alpine, com idade entre dois a três anos. Todos os animais foram submetidos a exame clínico geral seguido do exame andrológico. O experimento foi dividido em duas épocas, seca (setembro a dezembro) do ano de 2016 e chuvosa (abril a julho) do ano de 2017, totalizando oito meses de coleta de dados. Os animais foram mantidos em sistema semi-intensivo de manejo. A alimentação era composta de milho triturado (35%), farelo de soja (20%), farelo de trigo (43%), calcário calcítico (1%) e sal mineral (1%) e de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), diariamente a água foi fornecida *ad libitum*. Todos os animais receberam a mesma dieta nos dois períodos experimentais.

2.3 Variáveis ambientais

Durante o período experimental foram registrados os dados climatológicos, por meio do *datalogger* tipo HOBO com cabo externo acoplado ao globo negro, instalados em ambiente de sol e sombra no local experimental, a uma altura semelhante à dos animais, o *datalogger* foi programado, por meio do software, para registrar os dados ambientais a cada hora, por 24 horas, durante todo o período do experimento, foi utilizado para análise estatística os horários de 9h e 15h, com os dados ambientais foi calculado o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) utilizando-se da fórmula: $ITGU = TGN + 0,36 \times Tpo + 41,5$, descrita por Buffington et al. (1981), onde Tgn é a temperatura do globo negro e Tpo é a temperatura do ponto de orvalho.

2.4 Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas foram aferidas quinzenalmente nos horários das 9h e às 15h. A frequência respiratória foi tomada pela contagem dos movimentos respiratórios com auxílio de estetoscópio flexível, colocado na região torácica direita, contando-se o número de movimentos durante 30 segundos e o valor obtido multiplicado por dois, para se calcular a frequência respiratória por minuto.

A temperatura retal foi mensurada por meio de um termômetro clínico veterinário, com escala até 44°C, o qual foi introduzido diretamente no reto do animal, permanecendo por um período de dois minutos e o resultado expresso em graus centígrados.

Foi utilizado termografia de infravermelho para obter a temperatura superficial (TS), utilizando uma câmera termográfica (Fluke Ti 25) com calibração automática e emissividade de

0,98, recomendada pelo fabricante para tecidos biológicos. A câmera termográfica através de imagem proporciona observar a distribuição da temperatura superficial de um determinado corpo. Cada termograma gerado foi gravado em um cartão de memória e posteriormente analisado pelo software *Smartview* versão 3.1, onde foram obtidas as temperaturas médias da região do corpo (lado direito) e dos testículos.

2.5 Avaliação da glicose

Para avaliação dos níveis de glicose, foram realizadas coletas de amostras de sangue de todos os animais duas horas após a alimentação matutina, quinzenalmente, por punção na jugular, mediante a utilização de seringa descartável, o sangue foi colocado em tubos plásticos contendo fluoreto de sódio.

Posteriormente, as amostras foram centrifugadas a 3000 rotações por minuto e o plasma colocado em tubos “Ependorf” e guardado em freezer a – 20°C. A análise de glicose, foi realizada com kit comercial (Glicose LiquiformVet - Labtest), que utiliza método enzimático colorimétrico cinético, com leitura realizada em analisador automático de bioquímica sanguínea (Lab Systems MultiScan MS), no Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário, Campus de Patos-PB.

2.6 Avaliação andrológica

O perímetro escrotal foi mensurado uma vez por mês com o auxílio de fita métrica específica, aferida em centímetros, com precisão de 1,0mm, na posição mediana do escroto, no ponto de maior dimensão, envolvendo as duas gónadas e o escroto, bem como, a consistência testicular por palpação, de acordo com os critérios propostos pelo Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 2013). A consistência testicular foi classificada em escala de 1 (mais flácida) a 5 (mais firme).

2.7 Colheita do sêmen

As coletas foram realizadas quinzenalmente, totalizando 16 coletas com auxílio de vagina artificial e fêmea estrogenizada. Com posterior análise das variáveis qualitativas e quantitativas do sêmen.

2.8 Avaliação das características espermáticas

O sêmen foi avaliado quanto ao volume do ejaculado, movimento de massa (turbilhonamento), motilidade progressiva, vigor espermático, concentração e morfologia das células espermáticas.

Depois de colhido, o volume do ejaculado foi medido no próprio tubo coletor. O sêmen foi mantido a 37°C em banho-maria e imediatamente avaliado quanto às características de movimento de massa (turbilhonamento), em lâmina pré-aquecida. Para a avaliação da motilidade progressiva e vigor das células espermáticas a análise foi realizada em lâmina, sob lamínula, em microscopia óptica em aumento de 10X.

O movimento de massa das células foi classificado em escala que varia de 0 (movimento ausente) a 5 (máximo). A motilidade progressiva foi determinada em função da proporção de

células com movimento progressivo no melhor dos campos avaliados (em %). Ovigor espermático, por sua vez, foi estimado concomitantemente à avaliação da motilidade progressiva, e o resultado foi dado pela estimativa da força de movimentação progressiva individual das células móveis do ejaculado e sua classificação foi em uma escala de 0 (ausente) a 5 (máxima).

Para concentração espermática, foi utilizada uma alíquota de 10 μ L de sêmen diluído em 4mL de solução tamponada de formol salino. A contagem das células foi realizada em câmara hematimétrica de Neubauer, sob microscopia óptica em aumento de 1000X.

Para avaliar a morfologia espermática, amostras de sêmen foram diluídas em 2 mL de solução tamponada de formol salino e mantidas em refrigerador a 5°C. No momento da análise, uma alíquota de 7 μ L da amostra com formol foi colocada entre lâmina e lamínula e a preparação úmida foi observada em microscopia de contraste de fase sob aumento de 1000X euso de óleo de imersão, onde foram contados 100 espermatozoides por amostra analisada.

Para a classificação morfológica das células foram considerados o contorno, a estrutura, o posicionamento e a integridade das seguintes regiões do espermatozoide: cabeça, acrossoomo, peça intermediária e cauda. Quando presentes, estruturas com duplicação, células com formas teratológicas, além de células menos comuns ao ejaculado (hemácias, leucócitos, células de des-camação epitelial, células gigantes e células imaturas da linhagem germinativa) também foram anotadas e o resultado foi expresso em porcentagem.

2.9 Análise estatística

Os dados dos parâmetros ambientais e fisiológicos foram submetidos à análise de variância, por meio do programa estatístico SAEG 9.1 e as médias comparadas pelo teste Tukey e Scott-Knott ao nível de significância de 5% de probabilidade e os dados dos parâmetros reprodutivos submetidos à análise de variância, por meio do software Statistical Analysis System (SAS 2002) e as médias comparadas pelo teste de Tukey e Scott-Knott, com significância de 5%.

3. Resultados e Discussão

A média registrada para TA na época chuvosa e no turno da manhã (27.47°C e 26.95°C), respectivamente (Tabela 1), apresentaram-se dentro da zona de conforto térmico. Baêta & Souza (1997), propuseram que para caprinos adultos a zona de conforto térmico é entre 20°C a 30°C.

Já na época seca e no turno da tarde a média registrada para TA (31.14°C e 31.66°C), respectivamente, excedeu a temperatura da zona de conforto térmico, estabelecida pelos mesmos autores.

Tanto nos estudos de Roberto et al. (2014) e Medeiros et al. (2015) quanto neste, as médias registradas para TA no turno da manhã se apresentaram dentro da zona de conforto térmico (28.12°C e 27.10°C), respectivamente.

Resultados superiores foram encontrados pelos autores anteriormente mencionados, para as médias registradas para TA no turno da tarde (34.65°C e 32.80°C), respectivamente, no qual todos excederam a temperatura da zona de conforto térmico, entretanto, neste estudo, as médias da TA na época seca e no turno da tarde ficaram abaixo das médias dos estudos citados.

Tabela 1. Médias dos dados meteorológicos, temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN) e índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) em função das épocas seca (setembro a dezembro de 2016) e chuvosa (abril a julho de 2017) e dos turnos manhã e tarde, no ambiente experimental localizado no semiárido paraibano.

Parâmetros Ambientais					
Fatores		TA (°C)	UR%	TGN	ITGU
	Seca	31.14a	43.30b	33.25a	80.85a
Época	Chuvosa	27.47b	60.33a	28.03b	76.25b
	Manhã	26.95b	61.15a	28.34b	76.61b
Turno	Tarde	31.66a	42.48a	32.95a	80.49a
CV (%)		9.59	23.08	8.82	3.01

- Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste F ($p<0,05$).

Resultado superior ao do presente estudo foi encontrado por Borges et al. (2017) ao avaliarem as variáveis fisiológicas de caprinos sem padrão racial definido criados em sistema extensivo no Piauí, na estação seca do ano e obtiveram médias para TA no período da manhã (35.53°C) e tarde (42.07°C).

A TA e UR são inversamente proporcionais em relação aos horários do dia, isto é, nos horários em que a TA foi menor (época chuvosa e turno manhã), a UR foi maior e assim, vice-versa. Esse comportamento é bem característico do clima tropical, observado também em vários outros estudos (Alves et al. 2014, Roberto et al. 2014, Medeiros et al. 2015, Borges et al. 2017).

Segundo Baêta & Souza (1997) a UR adequada para caprinos deve estar entre 50 a 80%, deste modo, a UR na época chuvosa e no turno da manhã esteve dentro da faixa de conforto térmico, na época seca e no turno da tarde houve desconforto térmico para os animais (Tabela 1).

A TGN apresenta-se equivalente a TA ao longo do dia, no entanto, com valores superiores, devido à influência do calor recebido pelo mesmo em forma de radiação. As médias foram maiores na época seca e no turno da tarde, assim como para TA (Tabela 1). De acordo com Motta (2001) a TGN entre 27°C e 34°C , é considerada como regular e acima de 35°C , considerado como crítica. Apesar da diferença estatística entre as épocas e os turnos avaliados, a variável TGN, está classificada como temperatura regular para os animais segundo Motta (2001).

As médias registradas para o ITGU foram superiores na época seca (80.85) e no turno da tarde (80.49) as da época chuvosa (76.25) e do turno da manhã (76.61) (Tabela 1). Conforme Baêta & Souza (2010), valores de ITGU até 74 indicam uma situação de conforto para os animais, de 74 a 78 considera-se um estresse leve, entre 79 e 84 situação perigosa e acima de 84, indicam uma situação de emergência, valores esses propostos para vacas leiteiras, porém também são utilizados para outras espécies.

Entretanto, de acordo com Souza (2010) ainda não existe uma tabela que indique os valores ideais do ITGU para ovinos e caprinos. O mesmo afirma que o valor de ITGU igual a 83 pode

indicar uma condição de estresse médio-alto para caprinos.

Silva et al. (2010), ao avaliarem a adaptabilidade de caprinos das raças Anglo- Nubiana, Savana, Boer e Moxotó no semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento, encontraram média de ITGU de 80.11 para a sombra e afirmaram que apesar de elevada, essa média não representou uma situação perigosa para os animais estudados.

Estudando os efeitos das condições climáticas do semiárido sobre o comportamento fisiológico de caprinos mestiços (F1) das raças Saanen e Bôer, Silva et al. (2011) encontraram valores de ITGU na sombra de 79.44 e 81.55 para os turnos manhã e tarde, respectivamente, e afirmaram que as médias encontradas não devem ser consideradas como situação perigosa, já que os parâmetros fisiológicos encontrados estavam dentro do padrão normal para a espécie caprina.

Tomando por base o indicado pelos autores e nos valores encontrados, podemos descrever que os animais do presente estudo na época chuvosa e no turno da manhã estão em

um ambiente de conforto térmico e na época seca e no turno da tarde uma situação de desconforto térmico.

Houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os meses do período experimental, tanto para época seca, quanto para época chuvosa, onde a TA foi superior nos meses de setembro e outubro e inferior nos meses de junho e julho (Tabela 2).

Tabela 2. Médias dos dados meteorológicos, temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (TGN) e índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) em função dos meses das épocas seca (setembro a dezembro de 2016) e chuvosa (abril a julho de 2017) no ambiente experimental localizado no semiárido paraibano.

Parâmetros Ambientais				
Meses	TA (°C)	UR%	TGN	ITGU
Setembro	33.40a	34.30c	35.17a	82.32a
Outubro	32.72a	37.70c	35.20a	82.42a
Novembro	28.82b	53.82b	30.72b	78.95b
Dezembro	29.62b	47.37b	31.92b	79.70b
Abril	29.52b	49.42b	30.12b	78.25b
Maio	29.82b	51.77b	30.10b	78.20b
Junho	26.02c	68.05a	26.25c	74.42c
Julho	24.52c	72.10a	25.67c	74.15c
CV (%)	5.26	15.57	5.01	1.77

- Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ($p<0,05$).

Apesar da diferença da TA ter sido maior nos meses de setembro e outubro (33.40°C e 32.72°C), respectivamente, elas não excederam a temperatura crítica superior de 34°C para caprinos, segundo Baêta & Souza (1997).

A UR por ser inversamente proporcional a TA, foram maiores nos meses de menor TA, junho e julho, e menores nos meses de setembro e outubro (Tabela 2).

As médias da TGN foram superiores nos meses de setembro e outubro e inferiores nos meses de junho e julho, semelhante à da TA (Tabela 2), sendo que nos meses mais quentes a

temperatura não superou os 35°C, considerada como crítica. As médias do ITGU foram superiores nos meses de setembro e outubro, assim como a TGN e a TA, e inferiores nos meses de junho e julho (Tabela 2).

Roberto et al. (2010), avaliaram os parâmetros hematológicos e o grau de adaptação de caprinos de corte (Boer x SRD) ao semiárido, os valores das médias de ITGU registrado a sombra foram de 75.14 e 87.57, manhã e tarde, respectivamente, contudo, não encontraram alterações nos parâmetros hematológicos dos animais.

A média mais alta do ITGU foi de 82.42, menor que o resultado encontrado pelos autores anteriormente citados (Tabela 2). Esse resultado demonstra que os meses de setembro e outubro foram os mais quentes em relação aos outros meses e junho e julho os meses mais frios em relação aos demais.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as médias nas épocas para os níveis de glicose sanguínea (Tabela 3). Nas duas épocas as médias estão dentro dos valores de referência para caprinos, que é de 50-75mg/dL (Kaneko et al. 2008).

Isto, provavelmente está associado ao fato dos animais já serem adultos e adaptados às condições climáticas do local, pois a maior média da TA foi de 31.14°C que equivale a uma temperatura confortável para a espécie caprina, o que foi confirmado pelo o ITGU de 80.85, que caracteriza um ambiente de perigo térmico e não de estresse. Além disso, pode-se atribuir também a alimentação e manejo, que foi o mesmo durante as duas épocas experimentais.

De acordo com González & Silva (2006) nos ruminantes, na maioria das vezes, não ocorre excesso de glicose sanguínea, onde a manutenção desse nível está principalmente determinada pela conversão do propionato em glicose via gliconeogênese, sendo o fígado o órgão responsável pela sua síntese.

Houve diferença significativa ($p<0,05$) para FR, TR, TSméd e Tmáx (Tabela 3) nas épocas, com médias superiores na época seca, devido às condições ambientais mais acentuadas nesse período, como demonstra a TA e o ITGU (Tabela 1). No turno houve diferença estatística ($p<0,05$) para as médias TR, TSméd e Tsmáx (Tabela 3) com médias superiores no turno da tarde, devido às condições ambientais mais desfavoráveis nesse período como demonstra a TA e o ITGU (Tabela 1), e não houve diferença significativa ($p>0,05$) para as médias de FR (Tabela 3).

Conforme Silanikove (2000) a frequência respiratória pode quantificar a severidade do estresse pelo calor, em que uma frequência de 40-60, 60-80, 80-120mov/min caracteriza um estresse baixo, médio-alto e alto para os ruminantes, respectivamente.

A frequência respiratória, neste estudo, foi de 52.46mov/min na época seca e no turno da tarde de 49.69mov/min, na época chuvosa foi de 36.88mov/min e no turno da manhã de 39.65mov/min, com base na classificação Silanikove (2000), pode-se dizer que os caprinos apresentaram estresse térmico baixo nas épocas seca e chuvosa e nos turno manhã e tarde.

Trabalhando a campo, Furtado et al. (2008) relatam que os caprinos da raça Moxotó, confinados e não confinados na região semiárida apresentaram, no período da tarde, uma frequência respiratória de 69.5mov/min, valor este superior ao da manhã, de 62.6mov/min.

Silva et al. (2006) analisaram o efeito da época do ano e período do dia sobre os parâmetros fisiológicos de reprodutores caprinos mestiços da raça Anglo-Nubiana, com caprinos sem padrão racial definido, no semiárido paraibano, observaram uma FR apresentou-se acima do

faixa de normalidade para a espécie, principalmente no turno da tarde, o que foi acionado pelo aumento da perda de calor pela forma evaporativa através da respiração, na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites normais.

Resultado superior ao do presente estudo foi encontrado por Araújo et al. (2017) ao estudarem as respostas fisiológicas e adaptativas de caprinos da raça Anglo Nubiano mantidos em câmara bioclimática sob temperatura ambiente e umidade relativa controlada: 20°C, 24°C, 28°C e 32°C, quando submetidos a TA de 28°C, encontraram média da FR de 50.78mov/min, e quando atingiu TA de 32°C a FR foi de 103.48mov/min. Isso mostra que a FR pode variar

em relação a diversos fatores, entre eles a temperatura ambiente, eficiência dos mecanismos de troca de calor sensível, raça, idade, entre outros.

Observou-se variação significativa nas médias da TR nas épocas e nos turnos, de modo que a temperatura na época seca (38.98°C) foi superior à da época chuvosa (38.53°C) e do turno tarde (38.93°C) foi superior ao turno da manhã (38.58°C). No entanto, a faixa de normalidade da TR para a espécie é de 38.5°C a 39.7°C (Bergt & Hallgrímur 1996), indicando que, apesar da diferença significativa nas épocas e nos turnos, as médias estão situadas dentro do intervalo tido como normal.

Estudando a determinação dos parâmetros fisiológicos, gradiente térmico e índice de tolerância ao calor em diferentes raças de caprinos Saanen, Parda Alpina, Anglonubiana e Bôer, Medeiros et al. (2015), encontraram médias da TR no turno manhã e tarde, 39,40°C e 40,34°C, respectivamente, e da raça Parda Alpina com médias manhã e tarde, 39,52°C e 40,75°C, respectivamente.

A temperatura retal é uma variável fisiológica que representa a quantidade de calor que pode se acumular durante um período, e quanto maior for o estresse que o animal for submetido durante um dia, maior será no final do mesmo (Linhares et al. 2015).

As médias da TSméd e TSmáx apresentaram efeito significativo ($p<0,05$) em função das épocas seca e chuvosa (35.72°C e 34.10°C, 38.25°C e 37.95°C) e dos turnos manhã e tarde (33.49°C e 36.34°C, 37.37°C e 38.83°C), respectivamente (Tabela 3). Porém, mesmo com essas diferenças, a temperatura está dentro da variação fisiológica. As médias da TSmáx foram inferior à temperatura retal, mostrando que os animais não estocaram calor.

Quando o animal se encontra em estresse severo, acontece um acréscimo do fluxo sanguíneo do núcleo central para superfície do animal e, assim, elevação da taxa de fluxo de calor, resultando em altas temperaturas superficiais. No entanto, à medida que as perdas evaporativas aumentam, grande quantidade de calor é retirada da pele por vaporização, de maneira que o sangue que circula pelas superfícies corporais torna-se mais refrigerado (Baêta & Souza 1997, Eustáquio Filho et al. 2011).

Resultado semelhante foi encontrado por Medeiros et al. (2015) encontraram TS média nos turno de manhã e tarde, 32.19°C e 36.74°C, respectivamente, e da raça Parda Alpina média de 35.17°C. Alves et al. (2014), obtiveram TS média de 35.28°C.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) nas médias TTSmáx nas épocas seca e chuvosa (Tabela 3), porém, houve diferença significativa ($p>0,05$) nos turnos manhã e tarde, o turno da tarde foi superior ao turno da manhã (Tabela 3). Houve diferença significativa ($p<0,05$) nas médias TTSméd nas épocas seca e chuvosa e nos turno manhã e tarde, onde o a época seca foi superior a época chuvosa e o turno da manhã foi inferior ao turno da tarde, assim como também a temperatura retal e temperatura superficial (Tabela 3).

A temperatura testicular dos mamíferos deve ser mantida uniforme em uma temperatura inferior ao do corpo, que deve ser de 2°C a 6°C inferior, para se obter um funcionamento eficaz (Klein 2014).

As médias da TTSméd foram entre 3°C a 4°C abaixo da temperatura corporal e as médias da TTSmáx foram abaixo da temperatura corporal. As médias da TTSmáx correspondem à área da região do colo (área dos cordões espermáticos), onde inicia a troca de calor por meio do mecanismo de contracorrente, o que pode indicar que os animais estavam conseguindo dissipar calor, uma vez que, todas as médias foram menores do que a temperatura corporal.

A regulação da temperatura testicular é realizada pelo saco escrotal pendular, a pele escrotal, os músculos cremaster e dartos e a vasculatura testicular. A troca de calor realizada pela vasculatura testicular é por mecanismo de contracorrente, presente no funículo espermático. Sendo composto por um plexo pampiniforme constituído por veias testiculares, que circula sangue venoso, temperatura mais baixa do que a temperatura corporal, enovelado sobre uma artéria testicular, que passa sangue arterial, que estar na temperatura corporal (Barros et al. 2011, Klein 2014).

Kastelic et al. (1996) relatam que ocorre um redução da temperatura da superfície da pele do escroto, conforme se distanciam do cordão espermático em direção às caudas dos epidídimos, sendo as áreas mais ventrais do escroto mais frias em relação às áreas mais dorsais.

As respostas dos animais a um ambiente térmico nem sempre reagem da mesma forma, no clima tropical do Nordeste do Brasil, as raças de caprinos são geralmente, mais resistentes ou, estão mais bem equipadas para a termólise (Salles 2010).

Van Tiaburg et al. (2015), ao estudarem as características do sêmen e o perfil das proteínas da membrana espermática de reprodutores caprinos Saanen em estações seca e chuvosa do Nordeste do Brasil, observaram que as médias da temperatura do testículo foram maiores durante a estação seca em comparação com a chuvosa.

Machado Júnior et al. (2009), estudaram a influência da bipartição escrotal e do período do ano sobre a regulação térmica escrotal-testicular de caprinos, sem raça definida (SRD), observaram que os animais sem bipartição apresentaram temperatura testicular média na época seca e chuvosa (36.96°C e 36.21°C) e turno manhã e tarde (35.70°C e 37.28°C), respectivamente.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) nas médias de PE, CE e CD (Tabela 3). Operímetro escrotal aceitável varia conforme as raças e a faixa etária em que se encontra o reprodutor e pode variar com a época do ano por ser espécie que sofre influência sazonal (CBRA 2013).

Resultado inferior foi encontrado por Machado Júnior et al. (2011) ao pesquisarem a biometria escroto-testicular em caprinos, concluíram que quando comparado os caprinos sem bipartição no período seco e chuvoso, o perímetro escrotal demonstrou ser maior no período chuvoso, revelando a influência da estação do ano nos parâmetros, as médias no período seco e chuvoso foram de 23,43cm e 24,82cm, respectivamente, a diferença das médias pode ser explicado pela diferença de peso e idade dos animais.

Campos et al. (2003), pesquisando os parâmetros biométricos do trato genital masculino de caprinos sem raça definida (SRD) criados no semiárido nordestino durante o período seco e chuvoso, relatam a influência significativa desses períodos sobre a biometria dos órgãos reprodutivos.

Tabela 3. Médias dos parâmetros fisiológicos e reprodutivos: glicose sanguínea (mg/dL), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), temperatura superficial média (TSméd), temperatura superficial máxima (TSmáx), temperatura testicular superficial média (TTSméd), temperatura testicular superficial máxima (TTSmáx), perímetro escrotal PE (cm), comprimento do testículo esquerdo CE (cm), comprimento do testículo direito CD (cm), volume (mL), turbilhonamento (0-5), motilidade (%), Vigor (0-5), concentração (10^9 /mL), defeitos maiores (maiores), defeitos menores (menores) e defeitos espermáticos totais em função das épocas seca (setembro a dezembro de 2016) e chuvosa (abril a julho de 2017) no ambiente experimental localizado no semiárido paraibano.

	Época		Turno		CV(%)
			Manhã	Tarde	
Parâmetros	Seca	Chuvosa			
Glicose (mg/dL)	57.83a	57.33a	-	-	7.21
FR mov/min	52.46a	36.88b	39.65a	49.69a	36.36
TR (°C)	38.98a	38.53b	38.58b	38.93a	0.51
TSméd (°C)	35.72a	34.10b	33.49b	36.34a	1.58
TSmáx (°C)	38.25a	37.95b	37.37b	38.83a	0.84
TTSméd (°C)	35.01a	34.63b	34.16b	35.48a	0.97
TTSmáx (°C)	38.16a	38.06a	37.67b	38.56a	0.94
PE (cm)	27.16a	27.08a	-	-	8.99
CE (cm)	15.58a	15.58a	-	-	15.10
CD (cm)	15.58a	15.83a	-	-	15.86
Vol (mL)	1.24a	1.09a	-	-	40.36
Turb (0-5)	3.35a	3.16a	-	-	20.26
Mot (%)	71.20a	75.18a	-	-	14.18
Vig (0-5)	3.12a	3.25a	-	-	16.43
Conc (10^9 /mL)	238.56a	231.79a	-	-	36.38
Maiores (%)	5.37a	7.28a	-	-	55.85
Menores (%)	13.04a	6.91b	-	-	70.10
Total (%)	18.41a	14.19b	-	-	45.31

- Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ($p<0,05$).

Verificando os parâmetros quanti-qualitativos do ejaculado e escroto-testiculares antes e após a insulação do saco escrotal, em caprinos da raça Moxotó e meio sangue Moxotó- Pardo Alpina, Santos & Simplício (2000) concluíram que o perímetro escrotal e a consistênciatesticular são afetados negativamente pela temperatura. Fato que não ocorreu no presente trabalho.

Resultado inferior foi encontrado por Souza et al. (2010) avaliaram o desenvolvimento sexual em caprinos da raça Anglonubiano criados em sistema semi-intensivo, com idades entre de 20 e 44 semanas, as médias do perímetro escrotal de maior tamanho foi inferior aos 26cm, com a idade de 44 semana.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para volume, turbilhonamento, motilidade, vigor e concentração na época seca e chuvosa (Tabela 3). Segundo o CBRA (2013) a características seminais de caprinos são: volume de 0.5-1.5mL, turbilhonamento ≥ 4 , motilidade 70-90%, vigor ≥ 3 concentração espermática de $2-5 \times 10^9$ /mL. As médias dos parâmetros seminais estão

dentro do padrão desejado, exceto as médias do turbilhonamento, que ficou abaixo dos valores de referência da espécie. O mesmo pode ser afetado por fatores extrínsecos, como método de coleta, condições de preservação e temperatura da amostra (CBRA, 2013).

No estudo de Santos et al. (2006) o sêmen dos caprinos adultos apresentou menor turbilhonamento que o dos caprinos jovens, e o dos adultos da raça Saanen foi inferior ao da raça Alpina, 2.6 e 3.9, respectivamente. Isto pode estar relacionado, ao maior volume de sêmen ejaculado nos animais adultos, visto que o volume foi de 0.8mL para a raça Alpina e de 1.1mL para Saanen, e o volume e turbilhonamento se correlacionam negativamente, como observado por Hafez (1987).

Resultado semelhante foi encontrado por Dias et al. (2015) onde o parâmetro turbilhonamento espermático apresentou média de 3.22.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) nas médias nas épocas seca e chuvosa para defeitos maiores (Tabela 3). Houve efeito significativo ($p<0,05$) nas médias de defeitos menores e defeitos totais nas épocas, apresentando médias superiores na época seca (Tabela 3). O CBRA, (2013) recomenda número total de espermatozoide/ejaculado anormais seja $\leq 20\%$ para caprinos.

A média de defeitos totais nas épocas do ano não ultrapassou os padrões seminais desejáveis para a espécie que é de $\leq 20\%$, mostrando serem resistentes às adversidades ambientais. Ressalta-se que o aumento nas patologias espermáticas interferem negativamente sobre a qualidade do ejaculado, podendo afetar a capacidade de fecundação e ainda trazer sérias consequências para a sobrevivência embrionária. O principal indício de diminuição de qualidade espermática é a ocorrência de espermatozoides morfologicamente anormais (Santos & Simplício 2000).

Dentre as patologias espermáticas verificadas na época seca, destacaram-se a cabeça subdesenvolvida e vacúolos, para os defeitos maiores. Para os defeitos menores, cauda dobrada e gota citoplasmática distal. na época seca. Na época chuvosa, os defeitos maiores mais observados foram cabeça subdesenvolvida e vacúolos e para os defeitos menores gota citoplasmática distal e cabeça insolada normal.

As anormalidades espermáticas são classificadas e divididas em defeitos primários e secundários, os primários ocorrem durante a espermatogênese e os secundários no decorrer da maturação no epidídimo, transporte ou contato com o meio externo (Hafez & Hafez 2004). Os mesmos autores relatam que a porcentagem de espermatozoides anormais varia com o período do ano, resultados que coincidem com o da presente pesquisa.

Resultado semelhante ao do presente estudo foi encontrado por Vieira et al. (2008) que estudaram a influência da morfologia e da época do ano, na qualidade do sêmen de caprinos

criados no estado do Piauí, os caprinos sem bipartição apresentaram defeitos totais no período chuvoso e seco de 14.75% e 18.81%, respectivamente.

Na pesquisa de Salles (2010) os parâmetros seminais mais afetados pelo clima tropical foram a motilidade e as patologias espermáticas, as mesmas ocorreram em menor incidência no período chuvoso em comparação ao período seco.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para os níveis de glicose circulante entre os meses (Tabela 4), as médias estão dentro dos valores de referência para caprinos.

Um dos principais efeitos do estresse é a elevação da concentração sanguínea de cortisol. Este hormônio atua aumentando a disponibilidade de glicose para o metabolismo celular (Sapolsky et al. 2000).

A associação entre estresse e alterações glicêmicas é comprovada, o aumento do cortisol plasmático está relacionado com o processo de gliconeogênese, devido à quebra do glicogênio, o que resulta em elevadas concentrações de glicose plasmática, devido à ativação do eixo hipotálamo – hipófise – adrenal (Vijayan et al. 1997, Swanson & Morrow-Tesch 2001, Cafazzo et al. 2012).

Swanson & Morrow-Tesch (2001) relatam que a glicose tem sensibilidade ao estresse, o que pode ocorrer aumento na concentração dos níveis de glicose no estresse crônico. Fato que não ocorreu no presente estudo, pois a maior média foi 62.90mg/dL.

Houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os meses do período experimental em todos os parâmetros fisiológicos (Tabela 4). A FR foi maior nos meses de setembro, outubro, dezembro, abril e maio e menores nos meses de outubro, junho e julho.

A FR sofreu influência da temperatura ambiente, nos meses com menor FR foram os meses com menor TA (Tabela 2), entretanto, com base na classificação Silanikove (2000) de 60-80mov/min corresponde a um estresse térmico médio-alto, embora a diferença significativa entre os meses, às médias não ultrapassaram a faixa dos 63mov/min. Diversos fatores agem na variação da frequência respiratória em função da espécie animal, da raça, do tamanho corporal, da idade, temperamento, manejo, exercício físico, excitação, temperatura ambiente, gestação, estado de saúde e grau de enchimento do trato digestivo (Swenson & Reece 1996).

Tabela 4. Médias dos parâmetros fisiológicos e reprodutivos: glicose sanguínea (mg/dL), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), temperatura superficial média (TSméd), temperatura superficial máxima (TSmáx), temperatura testicular superficial média (TTSméd), temperatura testicular superficial máxima (TTSmáx), perímetro escrotal PE (cm), comprimento do testículo esquerdo CE (cm), comprimento do testículo direito CD (cm), volume (mL), turbilhonomento (0-5), motilidade (%), Vigor (0-5), concentração (10⁹/mL), defeitos maiores (maiores), defeitos menores (menores) e defeitos espermáticos totais em função dos meses das épocas seca (setembro a dezembro de 2016) e chuvosa (abril a julho de 2017) no ambiente experimental localizado no semiárido paraibano.

Parâmetros	Meses								
	Set	Out	Nov	Dez	Abr	Mai	Jun	Jul	CV (%)
Glicose	56.95a	57.41a	55.00a	61.97a	52.20a	56.03a	58.19a	62.90a	12.09
FR mov/min	63.58a	56.75a	37.33b	52.20a	47.04a	60.50a	22.41b	17.58b	49.57
TR (°C)	39.11a	39.07a	38.85b	38.92a	38.67b	38.75b	38.28c	38.44c	0.89
TSméd (°C)	36.14a	35.72a	35.07a	35.96a	36.09a	36.69a	33.05b	30.58c	5.34
TSmáx (°C)	38.81a	38.25a	37.80b	38.15a	38.74a	39.17a	37.50b	36.38c	2.65
TTSméd (°C)	35.43a	35.03b	34.56b	35.01b	35.48a	35.70a	34.64b	32.70c	2.93
TTSmáx (°C)	38.36a	38.12a	38.00a	38.17a	38.61a	38.88a	38.04a	36.72b	2.32
Vol (mL)	1.00a	1.23a	1.56a	1.15a	0.89a	1.12a	1.21a	1.15a	40.25
Turb (0-5)	3.66a	3.58a	3.08a	3.08a	3.58a	2.91a	2.91a	3.25a	19.67
Mot (%)	77.50a	75.00a	68.33a	64.16a	74.58a	75.00a	75.00a	77.50a	14.10
Vig (0-5)	3.33a	3.25a	3.08a	2.83a	3.50a	3.00a	3.16a	3.33a	16.38
Conc (10 ⁹ /mL)	192.92a	261.08a	269.58a	230.67a	286.50a	175.25a	188.75a	276.67a	33.94
Maiores (%)	6.66ab	4.66b	6.00ab	4.66b	10.33a	4.66b	10.66a	3.50b	43.24
Menores (%)	20.33a	7.50b	13.41ab	10.91ab	9.08ab	8.58ab	5.50b	4.50b	63.93
Total (%)	27.00a	12.16bc	19.41ab	15.57bc	19.41ab	13.24bc	16.16bc	8.00c	35.46

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ($p<0,05$).

As médias da TR foram superiores nos meses de setembro, outubro e dezembro e inferiores nos meses junho e julho. No entanto, apesar da diferença significativa, todas as médias estão dentro da faixa de normalidade para a espécie segundo (Bergt & Hallgrímur 1996). Mostrando que os animais não armazenaram calor.

De acordo com Baccari Júnior et al. (1996) diversos elementos são capazes de causar variações na temperatura corporal, a idade, o sexo, a época do ano, período do dia, exercício e ingestão e digestão de alimentos.

As médias da TSméd foram superiores nos meses setembro a maio e inferior no mês de julho, já as médias de TSmáx foram superiores nos meses de setembro, outubro, dezembro, abril e maio e inferior no mês de julho. Contudo, mesmo com essa diferença, a temperatura está dentro da variação fisiológica. Silva et al. (2006) relatam que a temperatura superficial é influenciada pela temperatura ambiente, gradiente térmico e mesmo que de forma indireta, pela radiação.

As médias da TTSméd foram superiores nos meses setembro, abril e maio e inferior no mês de julho, a TTSmáx foram superiores nos meses de dezembro a junho e inferior no mês julho. Apesar disso, todas as médias foram inferiores a TR e TSméd e TSmáx, o que pode indicar que os animais estavam conseguindo dissipar calor.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para volume, turbilhonamento, vigor, motilidade e concentração nos meses experimentais (Tabela 4). As médias da motilidade foram inferiores da média desejada para a espécie nos meses de novembro e dezembro. Assim como o vigor foi inferior da média desejada para a espécie no mês de dezembro.

Segundo Hafez & Hafez (2004) diversos fatores interferem na motilidade, tais fatores endógenos (idade, maturação espermática, estoque de energia – ATP e superfície – agentes ativos) como exógenos (fatores biofísicos e fisiológicos, fluidos suspensores e estímulo-inibição).

Câmara et al. (2012) relatam que deve-se levar em conta que motilidade sofre influência por inúmeros fatores, como temperatura, estado nutricional e sanitário, condições de análise, soluções ativadoras empregadas e espécie estudada. Valle et al. (2005) concluíram que a temperatura ambiente elevada interfere negativamente as características de sêmen. A motilidade assim como o vigor no presente estudo, foram inferiores nos meses da época seca.

No estudo de Tilburg et al. (2014) a porcentagem média de mobilidade espermática foi reduzido 44.4% na estação seca em comparação com a estação chuvosa, coincidindo com um aumento de 45.2% no número de células anormais.

O efeito direto da temperatura é mais rápido, sobre o epidídimo, ocorrendo variação na motilidade progressiva e vigor, as mesmas ocorrem mais rápido do que aquelas observadas na concentração espermática e medidas testiculares (Moreira et al. 2001).

A concentração espermática apesar de não ter deferido estatisticamente, foram inferiores da média desejada para a espécie nos meses de setembro, maio e junho. Resultado semelhante foi encontrado por Salles (2010) pesquisando as variações sazonais dos parâmetros reprodutivos de bodes Saanen criados em clima tropical, encontrou médias da concentração espermática no período chuvoso, transição chuvoso-seco, período seco e transição seco-chuvoso de 2.3, 1.8, 1.9 e $1.6 \times 10^9 / mL$.

Houve efeito significativo ($p<0,05$) nas médias de defeitos maiores, menores e totais nas épocas do ano (Tabela 4). Apesar da diferença significativa, os defeitos totais só foram superiores

res no mês de setembro, indicando que os animais conseguiram responder bem as adversidades climáticas das épocas.

Todo ejaculado apresenta alguns espermatozoides morfológicamente anormais, quando esse valor é superior a média preconizada para a espécie, sua fertilidade é questionável, a variação da porcentagem de espermatozoides anormais é modificada com a estação, clima, fator nutricional, resposta individual, entre outros (Hafez & Hafez 2004). Santos & Simplício (2000) relatam que o grau de defeitos é equivalente ao tempo de exposição assim como a intensidade da temperatura ambiente.

4. Considerações Finais

Caprinos da raça British Alpine criados no semiárido paraibano apresentaram baixo nível de estresse e boa adaptabilidade fisiológica às condições climáticas do semiárido nas diferentes épocas do ano (período seco e chuvoso).

Os parâmetros reprodutivos avaliados sofrem influência negativa exercida pela temperatura ambiente na época seca que interferiram sobre os parâmetros seminais, apresentando uma maior porcentagem de patologias espermáticas.

Agradecimentos

A Estação Experimental de Pendência, pertencente à EMEPA-PB (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A.) por ceder os animais para realização do experimento, assim como também do laboratório, das instalações e de todos os funcionários envolvidos.

Referências

- ALMEIDA, A.M.; SCHWALBACH, L.M.J.; CARDOSO, L.A.; et al. Scrotal, testicular and semen characteristics of young Boer bucks fed winter veld hay: the effect of nutritional supplementation. *Small Rum. Research*, 73(1-3):216-220.
- ARAÚJO, T.G.P.; FURTADO, D.A.; BARBOSA NASCIMENTO, J.W.; et al. Thermoregulatory responses and adaptability of Anglo-Nubian goats maintained in thermoneutral temperature and under heat stress. *J. Anim. Behav. Biomet.*, 5(3):106-111.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. 1997. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. Viçosa: UFV, p.04-246.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. 2010. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. 2^a ed. Viçosa: UFV, p.05-269.
- BERGT, E.A.; HALLGRÍMUR, J. 1996. Regulação da temperatura e fisiologia ambiental. In: *Dukes - Fisiologia dos animais domésticos*. 11^a ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p.805-813.

BORGES, L.S. 2017. Variáveis fisiológicas de caprinos sem padrão racial definido criados em sistema extensivo. *Revta. Electron. Vet.*, 18(11):1-14.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transact. ASAE.*, 24(3):0711-0714.

CAFAZZO, S.; MAGNANIA, D.; CALÀA, P.; RAZZUOLI, E.; et al. Effect of short road journeys on behaviour and some blood variables related to welfare in young bulls. *Applied Anim. Behav. Sci.*, 139(1-2):26-34.

CÂMARA, T.S.; BANDEIRA, C.N.; FERNANDES, J.S.; et al. Avaliação do efeito crioprotetor da Aloe vera no congelamento do sêmen ovino. *Anais... VI Congresso Norte Nordeste de Reprodução Animal*, Fortaleza, CE, p.319-322 (Resumo).

CBRA. 2013. *Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal*. 3^a ed. CBRA, Belo Horizonte, p.15-42.

DELGADILLO, J.A.; LEBOEUF, B.; CHEMINEAU, P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology*, 36(5):755-770.

DIAS, J.C.O.; SANTOS, M.C.R.; PENITENTE FILHO, M.J.; OLIVEIRA, G.D.; MENDES, V.R.A.; MANCIO, A.B. 2015. Características do sêmen caprino descongelado após a adição de ringer lactato, citrato de sódio e solução tris. *Ciênc. Anim. Bras.*, 16(2):243-250.

EUSTÁQUIO FILHO, A.; TEODORO, S.M.; CHAVES, M.A.; et al. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. *Revta. Bras. Zootec.*, 40(8):1807-1814.

FURTADO, D.A.; GOMES, C.A.V.; MEDEIROS, A.N.; PIMENTA FILHO, E.C.; LIMA JÚNIOR, V.L. 2008. Efeito do ambiente térmico e suplementação nas variáveis fisiológicas de caprinos Moxotó em confinamento e semiconfinamento. *Eng. Agríc.*, 28(3):396-405.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. 2017. *Introdução à bioquímica clínica veterinária*. 3^a ed. Editora da UFRGS, Porto Alegre, p.195-239.

HAFEZ, E.S.E. 1987. *Reproduction in farm animals*. 5^a ed. Philadelphia: Lea e Febiger, p.010-720.

HAFEZ, E.S.E.; HAFEZ, B. 2004. *Reprodução Animal*. 7^a ed. Manole, Barueri, p.369-379.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. 2008. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6^a ed. Academic Press, San Diego, p.45-80.

CASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; COULTER, G.H. 1996. Contribution of scrotum and testes to scrotal and testicular thermoregulation in bulls and rams. *J. Reprod. Fertil.*, 108(1):81-85.

KLEIN, B.G. 2014. Fisiologia reprodutiva do macho, p.451-459. In: *Cunningham tratado de fisiologia veterinária*. 5^a ed. Elsevier, Rio de Janeiro.

LINHARES, A.S.F.; SOARES, D.L.; OLIVEIRA, N.C.; SOUZA, B.B.; DANTAS, N.L.B. 2015. Respostas fisiológicas e manejo adequado de ruminantes em ambientes quentes. *Agrope. Cient. Semi.*, 11(2):27-33.

LU, C.D. 1989. Effects of heat stress on goat production. *Small Rum. Research*, 2(2):151-162.

MACHADO JÚNIOR, A.A.N.; MIGLINO, M.A.; MENEZES, D.J.A.; ASSIS NETO, A.C.; LEISER, R.; SILVA, R.A.B.; CARVALHO, M.A.M. 2009. Influência do escroto bipartido sobre as temperaturas dos testículos e escroto em caprinos. *Pesq. Vet. Bras.*, 29(10):797-802.

MASCARENHAS, N.M.H.; SOUZA, B.B.; FURTADO, D.A.; et al. 2023. Thermal gradient of local sheep and goats reared in the Brazilian semi-arid region. *Rev. Bras. Cienc. Agrág.*, 18(2):e3020.

MACHADO JÚNIOR, A.A.N.; ASSIS NETO, A.C.; AMBRÓSIO, C.E.; LEISER, R.; LIMA, G.S.; OLIVEIRA, L.S.; CARVALHO, M.A.M. 2011. Biometria escroto-testicular em caprinos: influência de período e ano na bipartição escrotal. *Pesq. Vet. Bras.*, 31(11):1116-1119.

MEDEIROS, L.F.D.; RODRIGUES, V.C.; VIEIRA, D.H.; SOUZA, S.L.G.; CABRAL NETO, O.; OLIVEIRA, C.A.; SILVA, L.A.; FIGUEIREDO, N.; AZEVEDO, S.F. 2015. Determinação dos parâmetros fisiológicos, gradiente térmico e índice de tolerância ao calor em diferentes raças de caprinos. *Revta. Bras. Med. Vet.*, 37(4):275-285.

MEDEIROS, F.F. DE; SOUZA, B.B.; NASCIMENTO, F.S. 2023. Correlações entre variáveis ambientais e bem-estar de ovinos confinados. *Observatorio de la Economia Latinoamericana*, 21(8):7871-7879.

MOREIRA, E.P.; MOURA, A.A.A.; ARAÚJO, A.A. 2001. Efeitos da insulação escrotal sobre a biometria testicular e parâmetros seminais em carneiros da raça Santa Inês criados no estado do Ceará. *Revta. Bras. Zootec.*, 30(6):1-11.

MOTTA, F.S. 2001. *Climatologia zootécnica*. Edição do autor, Pelotas, p.05-104.
NUNES, J.F. 1982. Fisiologia sexual do macho caprino. *Anais Congresso Pernambucano de Medicina Veterinária*, Recife, PE, p.204-146. (Resumo).

NUNES, T.L.; OLIVEIRA, M.G.C.; PAIVA, A.L.C.; et al. Valores hemogasométricos e eletrolíticos de caprinos (*Capra hircus*) da raça Canindé criados no semiárido nordestino. *Revta. Bras. Med. Vet.*, 36(3):255-260.

PEREIRA, C.C.J. 2005. *Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal*. Belo Horizonte: FEPMVZ, p.08-195.

REGE, J.E.O.; TOE, F.; MUKASA-MUGERWA, E.; TEMBELY, S.; ANINDO, D.; BAKER, R.L.; LAHLOU-KASSI, A. 2000. Reproductive characteristics of Ethiopian highland sheep. II. Genetic parameters of semen characteristics and their relationships with testicular measurements in ram lambs. *Small Rum. Research*, 37(3):173-187.

ROBERTO, J.V.B.; SOUZA, B.B.; SILVA, A.L.N.; JUSTINIANO, S.V.; FREITAS, M.M.S. 2010. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semiárido paraibano. *Revta. Caating.*, 23(1):127-132.

ROBERTO, J.V.B.; SOUZA, B.B.; FURTADO, D.A.; DELFINO, L.J.B.; MARQUES, B.A.A. 2014. Gradiêntes térmicos e respostas fisiológicas de cabras no semiárido do Brasil usando termografia infravermelha. *J. Anim. Behav. Biomet.*, 2(1):11-19.

SAEG. 2007. *Sistema para análises estatísticas*. Versão 9.1. Universidade Federal de Viçosa (UFV). Fundação Arthur Bernardes. (CD-ROM).

SALLES, M.G.F. 2010. **Parâmetros fisiológicos e reprodutivos de machos caprinos Saanen criados em clima tropical**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Ceará, 159p.

SANTOS, A.D.F.; TORRES, C.A.A.; FONSECA, J.F.; BORGES, A.M.; COSTA, E.P.; GUIMARÃES, J.D.; ROVAY, H. 2006. Parâmetros reprodutivos de bodes submetidos ao manejo de fotoperíodo artificial. *Revta. Bras. Zoot.*, 35(5):1926-1933.

SANTOS, D.O.; SIMPLÍCIO, A.A. 2000. Parâmetros escroto-testiculares e de sêmen em caprinos adultos submetidos à insulação escrotal. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35(9):1835-1841.

SAS. 2002. *Getting started with the SAS learning edition*. Cary: SAS Institute, p.01-200.

SAPOLSKY, R.M.; ROMERO, M.L.; MUNCK, A.U. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? *Endocr. Reviews.*, 21(1):55-89.

SWANSON, J.C.; MORROW-TESCH, J. 2001. Cattle transport: historical, research and future perspectives. *J. Anim. Sci.*, 79(suppl.):102–109.

SILANIKOVE, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Prod. Sci.*, 67(2):1-18.

SILVA, C.M.B.A.; SOUZA, B.B.; BRANDÃO, P.A.; et al. Efeito das condições climáticas do semiárido sobre o comportamento fisiológico de caprinos mestiços F1 Saanen x Boer. *Revta. Caating.*, 24(4):195-199.

SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; BRANDÃO, P.A.; CEZAR, M.F.; SOUZA, W.H.; BENÍCIO, T.M.A.; FREITAS, M.M.S. 2006. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semiárido paraibano. *Ciênc. e Agrotec.*, 30(3):516-521.

SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; SOUSA, O.B.; SILVA, G.A.; FREITAS, M.M.S. 2010. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. *Revta. Caating.*, 23(2):142-148.

SOUZA, B.B. 2010a. **Índice de conforto térmico para ovinos e caprinos: índice de temperatura do globo negro e umidade registrado em pesquisas no Brasil.** *FarmPoint – Ovinos e Caprinos – Radares Técnicos – Bem-estar e Comportamento Animal*. Disponível em: http://www.cstr.ufcg.edu.br/bioclimatologia/artigos_tecnicos/indice_conforto_termico_ovinos_caprinos.pdf. Acesso em: 21 jan. 2018.

SOUZA, L.E.B. 2010b. **Parâmetros andrológicos de caprinos da raça Anglonubiana criados em sistema semiintensivo.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, p.39.

CAPÍTULO XI

Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) na avaliação da tolerância de caprinos ao calor

*Black Globe Temperature and Humidity Index (BGHI)
in the Assessment of Goat Heat Tolerance*

Autores e afiliações

Bonifácio Benicio de Souza^{1,*}; Talícia Maria Alves Benício²; Nágela Maria Henrique Mascarenhas³; Luanna Figueirêdo Batista⁴; Gustavo de Assis Silva⁵; Expedito Danúcio de Souza⁶; João Vinícius Barbosa Roberto⁷; Maycon Rodrigues da Silva¹; Fabíola Franklin de Medeiros¹; Ariadne de Barros Carvalho¹; Danilo Leite Fernandes⁶

¹ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos-PB, Brasil.

² Universidade Estadual do Tocantins – UNITINS, Palmas-TO, Brasil.

³ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

⁴ Universidade Vale do Salgado – UNIVS, Icó-CE, Brasil.

⁵ Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, Itapetim-PE, Brasil.

⁶ Instituto Federal do Ceará – IFCE, Crato-CE, Brasil.

⁷ Faculdades Nova Esperança – FACENE/FAMENE, João Pessoa-PB, Brasil.

Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

Resumo

Objetivou-se com este trabalho realizar uma revisão integrativa para identificar através de resultados obtidos em pesquisas realizadas com caprinos no semiárido e determinar o valor do ITGU como marco referencial de desconforto térmico para caprinos com base nas respostas fisiológicas temperatura retal e frequência respiratória. Para o desenvolvimento desse artigo foi realizada uma revisão integrativa sobre o índice de conforto térmico: Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) utilizado em pesquisas realizadas no semiárido. Foram utilizados nesse estudo 10 (dez) artigos científicos, resultantes de 10 (dez) pesquisas com um total de 257 (duzentos e cinquenta e sete) caprinos pertencentes aos grupos genéticos: Moxotó, Azul, Graúna, Anglo-Nubiana, Pardo-Sertaneja, Boer, Savana, Parda Alpina, British Alpine e os mestiços:

$\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Anglo-Nubiana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Savana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Kalarari + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Moxotó + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Saanen + $\frac{1}{2}$ Boer e Sem raça definida - SRD. E que utilizaram o ITGU como índice de conforto térmico, e estudaram as respostas fisiológicas: temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) nos turnos da manhã e da tarde, como respostas ao estresse por calor. As médias das respostas TR e FR, sob o efeito do ITGU nos turnos da manhã e da tarde, obtidas nessas pesquisas, foram analisadas utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 10 repetições. As repetições consideradas foram as médias das 10 pesquisas estudadas, obtidas dos 257 caprinos estudados nos turnos da manhã e da tarde. As análises foram realizadas através do programa Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, 1993) e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. A média do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), pela manhã foi 76 e à tarde 82. As variáveis fisiológicas temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) variaram significativamente ($p < 0,01$) entre os turnos manhã e tarde. A TR com média de 38,92 °C pela manhã e 39,44 °C à tarde. Para a FR houve diferença significativa ($P < 0,01$) com média de 37 e 47 mov/min pela manhã e à tarde, respectivamente. Concluiu-se que índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) é um índice de avaliação de conforto térmico que pode ser usado com eficiência para caprinos. Ambientes com ITGU igual ou próximo a 82 pode ser considerado de desconforto térmico, podendo provocar estresse baixo; e ITGU acima de 84, considerado de estresse alto, para várias raças de caprinos criadas no semiárido brasileiro.

Palavras-chave - bioclimatologia, estresse térmico, conforto térmico, adaptabilidade.

Abstract

The objective of this work was to carry out an integrative review to identify results obtained in research carried out with goats in the semi-arid region and determine the value of the BGTHI as a benchmark for thermal discomfort for goats based on physiological responses to rectal temperature and respiratory rate. To develop this article, an integrative review was carried out on the thermal comfort index: Black Globe Temperature and Humidity Index (BGTHI) used in research carried out in the semi-arid region. 10 (ten) scientific articles were used in this study, resulting from 10 (ten) research with a total of 257 (two hundred and fifty-seven) goats belonging to the genetic groups: Moxotó, Azul, Graúna, Anglo-Nubiana, Pardo-Sertaneja, Boer, Savana, Parda Alpina, British Alpine and crossbreeds: $\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Anglo-Nubian + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Savana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Kalarari + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Moxotó + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Saanen + $\frac{1}{2}$ Boer and No defined breed - SRD. And they used the ITGU as an index of thermal comfort, and studied the physiological responses: rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR) in the morning and afternoon shifts, as responses to heat stress. The average RT and RR responses, under the effect of BGTHI in the morning and afternoon shifts, obtained in these studies, were analyzed using a Completely Randomized Design (DIC) with 10 replications. The repetitions considered were the averages of the 10 surveys studied, obtained from 257 goats studied in the morning and afternoon shifts. The analyzes were carried out using the Statistical and Genetic Analysis Systems program (SAEG, 1993) and the means were compared using the F test at 5% probability. The average black globe temperature and humidity index (BGTHI) in the morning was 76 and in the afternoon 82. The physiological variables rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR) varied significantly

($p<0.01$) between shifts morning and afternoon. The RT averaged 38.92 °C in the morning and 39.44 °C in the afternoon. For RR there was a significant difference ($P<0.01$) with a mean of 37 and 47 mov/min in the morning and afternoon, respectively. It was concluded that the black globe temperature and humidity index (BGTHI) is a thermal comfort assessment index that can be used efficiently for goats. Environments with an BGTHI equal to or close to 82 can be considered thermal discomfort, which can cause low stress; and BGTHI above 84, considered high stress, for several breeds of goats raised in the Brazilian semi-arid region.

Keywords - bioclimatology, thermal stress, thermal comfort, adaptability.

1. Introdução

Com o aquecimento do planeta está ocorrendo as mudanças do clima com efeitos nos extremos meteorológicos e climáticos em todas as regiões do mundo (IPCC, 2023). O que tem impactado na segurança alimentar e hídrica, na saúde humana, na economia e na sociedade, bem como perdas e danos relacionados à natureza e às pessoas.

O ano de 2023 foi considerado o mais quente da história do planeta, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM). No Brasil, a temperatura média ficou 24,92 °C, com 0,69 °C acima da média histórica registrada no período de 1991/2020 (INMET, 2023). E as previsões apontam para temperaturas ainda mais elevadas no ano de 2024.

As emissões de gases de efeito estufa, seguramente causaram o aquecimento global, com a temperatura da superfície global de 1,1 °C mais alto entre 2011-2020 do que no período de 1850-1900 (IPCC, 2023).

Do ponto de vista da produção animal em ambientes de temperaturas elevadas, o aquecimento global terá efeitos ainda maiores. Pois, o território de clima semiárido já sofre com as elevadas temperaturas, secas prolongadas e consequente escassez hídrica e de alimentos, tornando a região mais vulnerável com o aquecimento global e as mudanças climáticas. O que exige estratégias no processo de adaptação dos fatores produtivos para o seu enfrentamento. Na pecuária, a escolha de raças com maior capacidade para tolerar altas temperaturas se faz necessário. Contudo, para identificar o grau de tolerância ao estresse por calor necessita-se de avaliação dos efeitos do ambiente climático sobre as respostas dos animais ao calor.

Considerando que, a interação dos elementos climáticos: temperatura do ar, umidade relativa, radiação e ventilação, é significativa para a condição de conforto ou desconforto térmico ambiental para os animais, são utilizados índices de conforto térmicos que representam o resultado da interação de dois ou mais desses fatores. Como exemplo o índice de conforto térmico e umidade (ITU) utilizado em ambientes de sombra, este índice utiliza apenas os efeitos da temperatura do ar e da umidade relativa. Já o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) é capaz de apresentar os efeitos da interação da temperatura, umidade relativa, radiação e da velocidade do vento. Sendo este mais utilizado por ser mais abrangente bem como sua utilização pode ser feito em ambientes de sombra ou de sol.

O ITGU é calculado pela fórmula: $ITGU = TGN + 0,36*(Tpo) + 41,5$ (Buffington et al., 1981). Esse índice foi desenvolvido para estudos com vacas leiteiras, que, para as quais foi determinado faixas de conforto e desconforto térmico, contudo tem sido utilizado em vários

estudos com caprinos (Batista et al. 2023; Souza et al. 2014; Silva et al. 2014; Souza et al. 2013; Leite et al. 2012; Silva et al. 2011; Souza et al. 2008; Silva et al. 2006; Santos et al. 2005; Silva et al. 2005).

As respostas fisiológicas mais utilizadas no estudo da avaliação da tolerância ao calor são a temperatura retal e a frequência respiratória (Batista et al. 2023; Souza et al. 2014; Silva et al. 2014; Souza et al. 2013; Leite et al. 2012; Silva et al. 2011; Souza et al. 2008; Silva et al. 2006; Santos et al. 2005; Silva et al. 2005).

A temperatura retal é considerada uma das melhores referências fisiológicas verificar a temperatura corpórea dos animais por se aproximar da temperatura do núcleo central do animal e apresentar boa estabilidade (Silva et al., 2006; Souza et al., 2008; 2010).

A frequência respiratória é importante nos estudos de tolerância ao calor por ser uma das formas muito utilizada pelos caprinos para dissipação de calor na forma evaporativa contribuindo assim com o processo da termorregulação (Bianca; Kunz, 1978; Quesada et al., 2001; Neiva et al., 2004; Mcmanus et al., 2011; Silva et al. 2023).

À medida em que aumenta a temperatura do ar diminui o gradiente térmico entre a superfície do animal e o meio, dificultando a dissipação de calor da forma sensível (radiação, condução e convecção) e aumentando a dissipação na forma insensível (evaporação). A perda de calor insensível consiste na evaporação da água na superfície da pele ou através do trato respiratório, usando o calor para mudar a entalpia da água em evaporação (Ingram e Mount 1975).

Quanto maior o gradiente térmico entre a superfície do animal e o meio maior é a dissipação de calor do animal da forma sensível, à medida em que diminui esse gradiente ocorre uma redução na perda de calor sensível e aumenta a insensível por meio da sudorese e ou frequência respiratória (Souza et al. 2015; Souza et al. 2013). A frequência respiratória é considerada uma das principais variáveis para identificar quando o animal está sob estresse por calor (Souza et al. 2008; Souza et al. 2012).

De acordo com Silanikove (2000), a taxa de respiração pode quantificar a severidade do estresse pelo calor, o autor classifica da seguinte forma: uma frequência respiratória de 4060, 6080 e 80120 movimentos/minuto caracteriza estresse baixo, médioalto e alto, respectivamente, para ruminantes.

Objetivou-se com este trabalho realizar uma revisão integrativa para identificar através de resultados obtidos em pesquisas realizadas com caprinos no semiárido e determinar o valor do ITGU como marco referencial de desconforto térmico para caprinos com base nas respostas fisiológicas temperatura retal e frequência respiratória.

2. Material e Métodos

Para o desenvolvimento desse artigo foi realizada uma revisão integrativa sobre o índice de conforto térmico: Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) utilizado em pesquisas realizadas no Nordeste, especificamente no semiárido. Foram utilizados nesse estudo 10 (dez) artigos científicos, resultantes de 10 (dez) pesquisas com um total de 257 (duzentos e cinquenta e sete) caprinos pertencentes aos grupos genéticos: Moxotó, Azul, Graúna, Anglo-Nubiana, Pardo-Sertaneja, Boer, Savana, Parda Alpina, British Alpine e os mestiços: $\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Anglo-Nubiana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Savana + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Kalarari + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Moxotó + $\frac{1}{2}$ SRD, $\frac{1}{2}$ Saanen + $\frac{1}{2}$ Boer e Sem raça definida

- SRD. Esses artigos foram selecionados os artigos com base em 3 (três) critérios: A utilização do ITGU como índice de conforto térmico; respostas fisiológicas estudadas: temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) e nos horários da manhã e da tarde, como respostas ao estresse por calor.

As médias das respostas TR e FR, sob o efeito do ITGU nos turnos da manhã e da tarde, obtidas nessas pesquisas, foram analisadas utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 10 repetições. As repetições consideradas foram as médias das 10 pesquisas estudadas, obtidas dos 257 caprinos estudados nos horários da manhã e da tarde. As análises foram realizadas através do programa Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, 1993) e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Os dados utilizados nesse estudo encontram-se na tabela 1, na qual consta o número de pesquisas, número de animais utilizados, o índice de conforto térmico utilizado (ITGU) e as respostas fisiológicas: temperatura retal (TR) e a frequência respiratória (FR). Os dados foram observados nos turnos da manhã e da tarde. Também consta a citação dos autores dessas pesquisas.

Tabela 1 – Relação de artigos utilizados como fonte para elaboração do banco de dados desse estudo.

Turno	Número de pesquisas (total de animais)*	ITGU	TR	FR	Autores
Manhã	1 (20)	79,42	38,9	30,3	Silva et al. (2005)
Manhã	2 (30)	71,25	39,46	42,3	Souza et al. (2008)
Manhã	3 (16)	77,5	39,16	32,65	Santos et al (2005)
Manhã	4 (40)	77,97	39,14	31,85	Silva et al. (2006)
Manhã	5 (24)	75,12	38,49	37,18	Souza et al. (2013)
Manhã	6 (36)	77,4	38,6	35,6	Leite et al. (2012)
Manhã	7 (24)	79,44	38,91	46,47	Silva et al. (2011)
Manhã	8 (36)	74,94	38,72	32,87	Silva et al. (2014)
Manhã	9 (6)	76,71	38,58	39,65	Batista et al. (2023)
Manhã	10 (22)	73,83	39,21	39,23	Souza et al. (2014)
Tarde	1 (20)	85,16	39,3	49,5	Silva et al. (2005)
Tarde	2 (30)	79,15	39,68	60,6	Souza et al. (2006)
Tarde	3 (16)	85,5	39,75	42,46	Santos et al (2005)
Tarde	4 (40)	82,25	39,5	39,47	Silva et al. (2006)
Tarde	5 (24)	87,99	39,38	39,38	Souza et al. (2013)
Tarde	6 (36)	82,9	39,2	50,8	Leite et al. (2012)
Tarde	7 (24)	81,55	39,05	48,22	Silva et al. (2011)
Tarde	8 (36)	79,96	39,25	43,05	Silva et al. (2014)
Tarde	9 (6)	80,49	39,93	49,69	Batista et al. (2023)
Tarde	10 (22)	79,37	39,37	42,68	Souza et al. (2014)

*Foram utilizadas 10 (dez) pesquisas com um total de 257 (duzentos e cinquenta e sete) caprinos.

Após a análises dos dados apresentados na tabela 1, encontrou-se os resultados constantes na tabela 2.

As médias do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) registrada nessas pesquisas foram: 76 pela manhã e 82 à tarde.

Houve diferença significativa ($p<0,01$) para variáveis fisiológicas temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) entre os turnos manhã e tarde.

A TR foi mais elevada no turno da tarde ($p<0,01$) do que no turno da manhã, cujas médias foram: 38,92 °C pela manhã e 39,44 °C à tarde, respectivamente. Esses valores estão de acordo com os resultados encontrados por diversos autores (Batista et al. 2023; Souza et al. 2014; Silva et al. 2014; Souza et al. 2013; Leite et al. 2012; Silva et al. 2011; Souza et al. 2008; Silva et al. 2006; Santos et al. 2005; Silva et al. 2005).

De acordo com Brion (1964) e Castro (1979), a temperatura retal em caprinos pode variar de 39 a 40 °C dentro da normalidade para caprinos adultos e também em consonância com aquela observada por Arruda et al. (1985) que verificaram uma média de 39,19 °C para caprinos de idade, cores e em turnos diferentes no Nordeste. Dependendo dos fatores que interferem e causam variações na temperatura corporal, como: exercício, idade, estação do ano, sexo, raça, período do dia e digestão de alimentos (Cunningham (2004)).

Para a FR houve diferença significativa ($P<0,01$) cm média de 37 e 47 mov/min pela manhã e à tarde, respectivamente. Esse resultados estão em consonância com os resultados de diversos autores que também verificaram maior elevação da frequência respiratória em caprinos no turno da tarde (Batista et al. 2023; Souza et al. 2014; Silva et al. 2014; Souza et al. 2013; Leite et al. 2012; Silva et al. 2011; Souza et al. 2008; Silva et al. 2006; Santos et al. 2005; Silva et al. 2005). Resultados semelhantes aos registrados por (Souza, et al. 2005; Santos et al. 2005; Silva, et al. 2006) para caprinos nos turnos da manhã e da tarde, respectivamente.

Tabela 2 – Temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) de caprinos em função da variação da condição ambiental.

Condição amiental	Variáveis fisiológicas	
	TR (°C)	FR (mov/min)
ITGU = 76 (manhã)	38,92B	37B
ITGU = 82 (tarde)	39,44A	47A
CV (%)	0,76	14,14

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste F ($p<0,01$).

De acordo com Souza (2010) o ITGU de 83 é considerado de estresse baixo para caprinos conforme a classificação de Silanikove (2000) que preconiza que a taxa de respiração pode quantificar a severidade do estresse pelo calor, em que uma frequência respiratória de 4060 mov/min caracteriza um estresse baixo.

Nesse estudo verificou-se que no turno da manhã com ITGU de 76 os caprinos apresentaram uma FR de 37 mov/min, não estando assim os animais sob estresse por calor. Já à tarde com ITGU de 82, a FR foi de 47 mov/min, demonstrando que nessa situação os caprinos já apresentam um estresse baixo por calor. Resultados semelhantes aos observados por (Silva et al. 2006; Silva et al. 2011).

Em condições de ITGU médio de 77 e 83, em pesquisas realizadas com caprinos no Brasil, verificou-se um aumento médio de 13,73 mov/min, passando de 34,27 e 48,00 mov/min (Souza 2010), tendo sido considerando ambiente com ITGU igual a 83, um ambiente que provoca um estresse baixo em caprinos.

Souza et al. (2011) estudando respostas fisiológicas e índice de tolerância ao calor de caprinos mestiços de Boer no semiárido e em caprinos sem raça definida (SRD), verificaram em condições de ITGU de 84 (sombra) e 90 (sol) que estresse provocou uma elevação significativa da frequência respiratória passando de 32,04 para 56,13 mov/min, o que foi considerado um estresse de baixo a médio-alto (SILANIKOVE 2000).

Em condições de exposição à radiação solar direta foram verificados índices de ITGU bem mais elevados com aumentos significativos nas respostas fisiológicas. Mascarenhas (2018) verificou em caprinos em condições de ITGU de 84, que a média da FR foi de 129 mov/min, encontrando-se dentro da classificação de estresse alto (Silanikove 2000).

Deve-se levar em consideração também o tempo de exposição que os animais são submetidos ao estresse, pois um ambiente com o ITGU mais elevado no período de tempo menor pode provocar um estresse menor do que um ambiente com ITGU mais baixo, com maior tempo de exposição dos animais ao estresse.

As médias apresentadas nesse estudo, englobam resultados de várias pesquisas com diferentes grupos genéticos, trazendo como resultado um ITGU igual a 82 como indicador de um ambiente que apresenta desconforto para caprinos, mas o classifica como sendo um ambiente que provoca estresse baixo em caprinos.

4. Conclusões

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) é um índice de avaliação de conforto térmico que pode ser usado com eficiência para caprinos.

Ambientes com ITGU igual ou próximo a 82 pode ser considerado de desconforto térmico, podendo provocar estresse baixo; e ITGU acima de 84 estresse alto, para diversos grupos genéticos de caprinos criados no semiárido brasileiro.

Referências

ARRUDA, F. A. V.; PANT, K. P. **Tolerância ao calor de caprinos e ovinos sem lã em Sobral**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 19, n. 3, p. 379-385, 1985.

BATISTA LF, *et al.* Respostas fisiológicas e reprodutivas de caprinos British Alpine nos períodos seco e chuvoso no semiárido Paraibano. **Revista observatorio de la economia latino-americana**, v.21, n.9, p. 12712-12737. 2023.

BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of here breedes of goats to cold, heat and hightaltitude. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 57-69, 1978.

BRION, A. **Vademecum del veterinario**. 2. ed. Barcelona: Gea, 1964. 732 p.

BUFFINGTON DE, *et al.* Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-0714, 1981.

CASTRO, A. **A cabra**. Fortaleza: S.A.A., 1979. 365 p.

CUNNINGHAM JG.; KLEIN, BG. **Tratado de Fisiologia Veterinária (3^a edição)**. Ed. Guanabara Koogan, São Paulo, 596p, 2004.

INGRAM DL, MOUNT LE. Man and Animals in Hot Environments. Springer-Verlag, New York. 1975.

INMET (2023), O ano de 2023 é o mais quente da série histórica do Brasil. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-do-brasil>. Acesso em: 17 de janeiro de 2023.

IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647Clima.

LEITE JRS, *et al.* Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.443-448, 2012.

MASCARENHAS, NMH. **Variáveis fisiológicas e estruturas de tegumento de ovinos e caprinos criados no semiárido brasileiro**. 2018. 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2018.

MCMANUS C, *et al.* The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. Suppl. Esp, p. 107-120, 2011.

QUESADA M, *et al.* Tolerância ao calor de duas raças de ovinos deslanados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, (Supl 1), n. 3, p. 1021-1026, 2001.

SANTOS FCB, et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semiárido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.142-149, 2005.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.1, p.118, 2000.

SILVA EMN, *et al.* Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.516-521, 2006.

SOUZA BB, *et al.* Efeito do ambiente e da idade sobre as respostas fisiológicas e constituintes sanguíneos de cabritos Anglo Nubiano. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.2, n.4, p.117-125, 2014.

SOUZA BB, *et al.* Respostas fisiológicas de caprinos terminados em pastagem nativa no semiárido paraibano. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.1, n.2, p.37-43, 2013.

SOUZA BB, *et al.* Respostas fisiológicas e índice de tolerância ao calor de caprinos mestiços de boer no semiárido. **Revista Verde**, v.6, n.3, p.146-151, 2011.

SOUZA BB, *et al.* Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semiárido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.275-280, 2008.

SOUZA ED, *et al.* Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradientes térmicos de diferentes grupos genéticos de caprinos no semiárido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.177-184, 2005.

SOUZA ED, *et al.* Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradientes térmicos de diferentes grupos genéticos de caprinos no semiárido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.177-184, 2005.

SOUZA, BB, *et al.* Caprinos e ovinos adaptados aos trópicos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.3, n.2, p.42-50, 2015.

SOUZA, BB, *et al.* Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.275-280, 2008.

Considerações gerais

A presente coletânea reforça o compromisso da Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA) e de seus colaboradores com a difusão do conhecimento técnico-científico voltado à sustentabilidade da produção animal nas regiões de clima semiárido.

O Volume 2 amplia o escopo das pesquisas apresentadas no primeiro volume, evidenciando a evolução dos estudos sobre bioclimatologia e bem-estar animal no Nordeste brasileiro.

Os capítulos reunidos demonstram que a compreensão das interações entre os fatores climáticos e os parâmetros fisiológicos, produtivos e reprodutivos dos animais é essencial para o manejo adequado e para a formulação de estratégias que assegurem produtividade e qualidade

de vida aos rebanhos. O conjunto das análises reafirma a importância da pesquisa aplicada como instrumento de adaptação das criações às condições ambientais adversas.

Esta obra também destaca o valor das parcerias institucionais e interdisciplinares que tornam possível a continuidade de um projeto editorial comprometido com a ética, a ciência aberta e o fortalecimento da produção regional.

O compartilhamento dos resultados obtidos por docentes, pesquisadores e discentes de diferentes programas de pós-graduação constitui um passo decisivo para a consolidação da bioclimatologia animal como área estratégica de desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil.

Por fim, espera-se que o presente volume sirva de referência para novas pesquisas, inspire práticas produtivas sustentáveis e contribua para a formação de profissionais e pesquisadores sensíveis às demandas do semiárido, reafirmando o papel da ciência como instrumento de transformação e progresso social.

REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS ORIGINAIS DA COLETÂNEA

BATISTA, L. F.; SOUZA, B. B.; SOARES, A. T. et al. Perfil climático e seu impacto no bem-estar animal na microrregião de Patos – PB. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 15, n. 3, p. 6010-6022, 2024. DOI: 10.61223/coopex.v15i3.994. ISSN 2177-5052. Disponível em: <<http://coopex.unifip.edu.br>>.

BATISTA, L. F.; SOUZA, B. B.; SOARES, A. T. et al. Perfil climático e seu impacto no bem-estar animal na microrregião de Patos – PB. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 15, n. 3, p. 6010-6022, 2024. DOI: 10.61223/coopex.v15i3.994. ISSN 2177-5052. Disponível em: <<http://coopex.unifip.edu.br>>.

BATISTA, L. F.; SOUZA, B. B.; SOARES, A. T. et al. Respostas fisiológicas e reprodutivas de caprinos British Alpine nos períodos seco e chuvoso no semiárido paraibano. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Curitiba, v. 21, n. 9, p. 12712-12737, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n9-120. ISSN 1696-8352.

CARVALHO, A. B.; FIGUEIREDO, J. R. O.; SILVA, N. I. S. et al. Influência dos elementos climáticos na produção animal nos trópicos. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 14, Edição Especial II, n. 3, p. 1886-1912, 2023. ISSN 2177-5052. Disponível em: <<http://coopex.unifip.edu.br>>.

CARVALHO, A. B.; FIGUEIREDO, J. R. O.; SILVA, N. I. S. et al. Variação nas condições climáticas em diferentes regiões do estado da Paraíba no período de 2009 a 2018. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 14, ed. esp. II, n. 3, p. 1998-2010, 2023. ISSN 2177-5052. Disponível em: <<http://coopex.unifip.edu.br>>.

NÁGELA, M. H. M.; SOUZA, B. B.; FURTADO, D. A. et al. Variáveis fisiológicas de ovinos expostos a ambientes sol e sombra criados no semiárido brasileiro. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 15, n. 4, p. 6100-6115, 2024. ISSN 2177-5052. Disponível em: <<http://coopex.unifip.edu.br>>.

RODRIGUES, L. H. S.; ARAÚJO, M. A. S.; SOUZA, B. B. et al. Efeitos do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos, produtivos, reprodutivos e hormonais em caprinos. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 15, n. 3, p. 5996-6007, 2024. DOI: 10.61223/coopex.v15i3.993. ISSN 2177-5052. Disponível em: <<http://coopex.unifip.edu.br>>.

SILVA, M. R.; SOUZA, B. B.; CARVALHO, A. B. et al. Uso dos índices ambientais e de conforto térmico nas avaliações da termorregulação de ovinos em regiões tropicais. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 14, n. 2, p. 1402-1416, 2023. ISSN 2177-5052. Disponível em: <<http://coopex.unifip.edu.br>>.

SILVA, M. R.; SOUZA, B. B.; DANTAS, N. L. B. et al. Avaliação da adaptação de diferentes grupos genéticos de ovinos deslanados no semiárido brasileiro. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 14, ed. esp. II, n. 3, p. 1960-1973, 2023. ISSN 2177-5052.

SOUZA, B. B.; BENÍCIO, T. M. A.; MASCARENHAS, N. M. H. et al. Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) na avaliação da tolerância de caprinos ao calor – revisão integrativa. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 1-13, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n2-189. ISSN 1696-8352.

SOUZA, B. B.; SILVA, G. A.; SILVA, M. R. et al. Análise climática da região de origem da raça Morada Nova e seus efeitos na adaptação e bem-estar animal. Revista COOPEX, Patos-PB, v. 16, n. 1, p. 7734-7745, abr.–mai. 2025. DOI: 10.61223/coopex.v16i1.6218. ISSN 2177-5052. Disponível em: <<http://coopex.unifip.edu.br>>.

Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro Coletânea Científica – Artigos Completos – Volume 2

Dando continuidade à coleção iniciada com o Volume 1, publicado em 2025 pela Editora Observatório de la Economía Latinoamericana, esta nova edição marca o início da publicação da série sob o selo próprio da Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA). O volume reúne novos estudos desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Federal de Campina Grande e de instituições parceiras, ampliando as abordagens científicas sobre a interação entre o ambiente e o desempenho produtivo dos animais de criação nas condições do semiárido brasileiro.

Os capítulos que compõem o Volume 2 contemplam análises sobre índices bioclimáticos, termorregulação, respostas fisiológicas, conforto térmico e adaptabilidade de ovinos e caprinos. Essa diversidade de temas reforça o compromisso do grupo de pesquisa Estudo da Adaptação de Animais de Produção nas Regiões Tropicais (CNPq/UFCG) em gerar conhecimento técnico-científico voltado à sustentabilidade da produção animal em ambientes de elevada variabilidade climática.

Com este Volume 2, a ECSA consolida sua atuação como editora científica independente, mantendo o mesmo rigor metodológico e o padrão ético-editorial da coleção Bioclimatologia e Bem-Estar Animal no Semiárido Brasileiro, cuja continuidade está prevista para os Volumes 3 e 4.

Editora Científica Semiárido Acadêmico – ECSA

Patos – PB, Brasil – 2025

ISBN: 978-65-01-73216-9