



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

VICTOR BATISTA RODRIGUES

**ESTABILIDADE TÉRMICA E QUALIDADE SEMINAL DE OVINOS
DORPER SUBMETIDOS AO RESFRIAMENTO ADIABÁTICO
EVAPORATIVO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

2025
Recife – Pernambuco

VICTOR BATISTA RODRIGUES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ESTABILIDADE TÉRMICA E QUALIDADE SEMINAL DE OVINOS
DORPER SUBMETIDOS AO RESFRIAMENTO ADIABÁTICO
EVAPORATIVO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Héilton Pandorfi

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE Bibliotecário(a): Lorena Teles –
CRB-4 1774

R696<

Rodrigues, Victor Batista.

Estabilidade térmica e qualidade seminal de ovinos dorper submetidos ao resfriamento adiabático evaporativo no semiárido brasileiro / Victor Batista Rodrigues. – Recife, 2025.

34 f.; il.

Orientador(a): Héilton Pandorfi.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, BR-PE, 2025. Inclui referências.

1. Carneiros - Produção. 2. Conforto térmico. 3. Termografia. I. Pandorfi, Héilton, orient. II. Título

CDD 628

VICTOR BATISTA RODRIGUES

**ESTABILIDADE TÉRMICA E QUALIDADE SEMINAL DE OVINOS DORPER
SUBMETIDOS AO RESFRIAMENTO ADIABÁTICO EVAPORATIVO NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Aprovado em: 01/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Héilton Pandorfi – DEAGRI/UFRPE (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida – DEAGRI/UFRPE (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Cristiane Guiselini – DEAGRI/UFRPE (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho à minha mãe Sandra Gomes Rodrigues, ao meu pai José Batista Xavier, à minha esposa Ana Carla e à minha avó Severina Rodrigues, que sempre acreditaram em mim e foram meu suporte em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, pela total dedicação durante toda minha trajetória, por todos os ensinamentos por todo o cuidado incansável que tem comigo, e por ter me ensinado diversos valores.

À minha avó, pelos conselhos em vida e por sempre ser minha inspiração como exemplo de ser humano.

Ao meu pai, pelo esforço e incentivo para que eu estivesse onde estou e que pudesse ter um futuro melhor através dos estudos.

Agradeço também aos amigos da graduação, principalmente Rafael Lima, Ana Alice, Alyne Bognola, Ronievon Lucena, Izaias Marcelino, Luiz Henrique, Oto Barbosa, João Nagipe e Jeferson Antônio, onde se tornaram uma grande família durante esses anos na UFRPE.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Heliton Pandorfi, desde as aulas na graduação até a oportunidade de ingresso na iniciação científica.

Agradeço ao professor Abelardo Montenegro, também pela oportunidade da realização de pesquisas na Universidade e à toda a equipe do LAS. Também agradeço aos professores, Emanuel Di Tarso, Amélia Nascimento, Daniella de Moura por serem inspirações de profissionais, e sempre estarem preocupados com nosso desenvolvimento.

1. RESUMO

Objetivou-se analisar os efeitos da climatização artificial sobre os indicadores fisiológicos, a temperatura escrotal, o gradiente térmico entre a temperatura corporal central e a testicular, bem como a qualidade seminal de carneiros da raça Dorper. Os dados foram coletados por meio do monitoramento de 20 machos Dorper, com idade média de 18 ± 2 meses e peso corporal médio de 70 kg, criados no município de Garanhuns, Pernambuco, entre abril e junho de 2023. Os animais foram mantidos inicialmente por 22 dias em instalações sob condições ambientais naturais e, posteriormente, por 43 dias sob climatização por sistema de resfriamento adiabático evaporativo. Realizaram-se coletas de sêmen em intervalos de três semanas, ao longo de todo o período experimental, para avaliação de parâmetros seminais. Foram registrados, a cada 21 dias, às 9h, 13h e 17h, os seguintes parâmetros: frequência respiratória (movimentos por minuto), temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) e imagens termográficas da região escrotal, do globo ocular e da região lateral dos animais. Para as análises das características seminais, dos indicadores fisiológicos e das associações entre a temperatura corporal central e a testicular, adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por dois tratamentos (condições ambientais naturais vs. climatização artificial) e 20 repetições, com comparação de médias via teste de Tukey ($p < 0,05$). Os dados de temperatura escrotal, umidade relativa do ar e temperatura ambiente foram submetidos à análise estatística descritiva. Observou-se menor variabilidade térmica na superfície escrotal durante o período de climatização artificial, com redução nas temperaturas de todas as regiões analisadas (temperatura das porções escrotais, temperaturas de pelame e de globo ocular e temperatura retal). A análise de componentes principais (ACP) revelou variância acumulativa de 60,00% na componente principal 2, indicando correlação negativa entre a integridade da membrana plasmática (IMP) dos espermatozoides e os indicadores fisiológicos e temperaturas escrotais. Destacou-se que a IMP apresentou valores 16% superiores durante a climatização artificial, período marcado por menores valores de frequência respiratória, temperatura retal, temperatura do globo ocular, do pelame e da região escrotal, além de redução na diferença entre a temperatura corporal central e a testicular. Esses resultados permitiram a elaboração de modelos de regressão com coeficientes de determinação (R^2) de 0,681 e 0,740 para a IMP, demonstrando a influência positiva da climatização artificial na manutenção da qualidade espermática. Conclui-se que o sistema de resfriamento adiabático evaporativo promoveu estabilidade térmica e melhorias nos

parâmetros fisiológicos e seminais dos ovinos Dorper, reforçando sua relevância para a produção animal em regiões semiáridas.

Palavras-chave: componentes principais; conforto térmico; termografia.

2. INTRODUÇÃO GERAL

O estado de Pernambuco registrou um crescimento expressivo na produção de ovinos, consolidando-se como o segundo maior produtor nacional a partir de 2020 (IBGE, 2022), com o rebanho assumindo papel socioeconômico fundamental para populações rurais em regiões áridas e semiáridas (SORIO, 2017; SILVA et al., 2016; COSTA et al., 2009). Contudo, apesar do incremento quantitativo do rebanho, persistem desafios relacionados à baixa produtividade (SANTOS et al., 2023), atribuída, em parte, às condições climáticas adversas do semiárido nordestino, marcadas por elevadas temperaturas e radiação solar intensa, fatores que comprometem a eficiência produtiva e reprodutiva dos animais (GUERRINI, 1981; THORNTON et al., 2022).

Os ovinos, como animais homeotérmicos, mantêm uma faixa específica de temperatura ambiental, denominada zona termoneutra, na qual o dispêndio energético para preservar a temperatura corporal central é mínimo e constante (RIBEIRO et al., 2020). A termorregulação é perturbada quando as temperaturas ambientais ultrapassam os limites críticos superiores (28,4 °C) ou inferiores (12 °C), variáveis conforme as adaptações raciais (VAN WETTERE et al., 2021). Dentro dessa faixa, a taxa metabólica basal mantém-se estável, enquanto fora dela instala-se o estresse térmico (RENAUDEAU et al., 2012), condição que sobrecarrega os mecanismos fisiológicos de regulação térmica, prejudicando a homeostase (RASHAMOL et al., 2020).

A eficiência da dissipação de calor em ovinos está intrinsecamente ligada ao gradiente térmico entre o organismo e o ambiente (SEJIAN et al., 2018). Para mitigar a ativação excessiva desses mecanismos, estratégias de ajuste ambiental são indispensáveis. Nesse contexto, destaca-se o resfriamento evaporativo, técnica economicamente viável que reduz a temperatura do ar mediante transferência de energia durante a interação entre moléculas de água e ar, ou seja, quando a água evapora, ela absorve energia térmica do ar, reduzindo sua temperatura (GODYŃ et al., 2020; FOROUSHANI; AMON, 2022). O processo ocorre quando o calor sensível do ar é transferido para a água, suprimindo a energia latente necessária para sua

evaporação e, conseqüentemente, promovendo o resfriamento do ambiente e, por conseqüência, do animal (SIMMONS; LOTT, 1996).

Indicadores fisiológicos como temperatura retal, frequência respiratória, ritmo cardíaco, temperatura superficial, temperatura ocular e taxa de sudorese são amplamente utilizados para avaliar os efeitos do estresse térmico em animais (PRAGNA et al., 2017; MENGISTU et al., 2017; CARABAÑO et al., 2019). Entre esses, a frequência respiratória e a temperatura retal destacam-se como parâmetros consagrados para mensurar a tolerância e a capacidade adaptativa dos indivíduos (SEJIAN et al., 2017a).

Em ovinos, elevações na temperatura testicular comprometem a espermatogênese e as propriedades físicas do sêmen, resultando em anomalias espermáticas (DASKIN et al., 1998; GARCIA-OLIVEROS et al., 2020). Diante disso, os mecanismos de termorregulação testicular, mediados principalmente pelo escroto, assumem papel crucial na manutenção da homeotermia gonadal (SETCHELL, 1998; RIZZOTO et al., 2020a, 2020b; ROSSI et al., 2021). A íntima relação anatômica entre escroto e testículos (COULTER et al., 1988) reforça a relevância do monitoramento térmico escrotal como indicador de termotolerância (SEJIAN et al., 2018).

A termografia por infravermelho (TIV) apresenta-se como método não invasivo e preciso para mapear a distribuição térmica superficial, correlacionando padrões de temperatura com estados de estresse ou conforto animal (PANDORFI et al., 2012). Sua aplicação no monitoramento fisiológico de ovinos tem sido amplamente validada (CASTELLS et al., 2019; SUTHERLAND et al., 2020; PULIDO-RODRÍGUEZ et al., 2021).

Nesse cenário, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de analisar os efeitos da climatização artificial sobre os indicadores fisiológicos, a temperatura escrotal, o gradiente térmico entre a temperatura corporal central e a testicular, bem como a qualidade seminal de carneiros da raça Dorper.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Este estudo foi conduzido com o objetivo de analisar os efeitos da climatização artificial sobre os indicadores fisiológicos, a temperatura escrotal, o gradiente térmico entre a temperatura corporal central e a testicular, bem como a qualidade seminal de carneiros da raça Dorper.

3.2 Específicos

- Identificar as componentes principais das variáveis fisiológicas que exercem influência significativa na qualidade seminal de ovinos submetidos a condições de climatização artificial;
- Desenvolver um modelo matemático preditivo capaz de estimar a qualidade do sêmen ovino com base na variação do gradiente térmico escroto-testicular, nas variáveis ambientais e nos indicadores fisiológicos dos animais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Declaração de Ética

A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco - CEUA/UFRPE, sob o protocolo de número 6990060223.

4.2 Localização e Seleção dos Animais

O experimento foi realizado em uma unidade de produção comercial de ovinos localizada no município de Garanhuns, Estado de Pernambuco, com duração de 65 dias, entre abril e junho de 2023. A propriedade situa-se na mesorregião do Agreste, microrregião de Garanhuns, nas coordenadas geográficas 08°49'12'' S de latitude e 36°29'11'' O de longitude, a uma altitude de 866 metros acima do nível do mar. A região apresenta clima tropical com estação seca no verão (classificação climática "As" segundo ALVARES et al., 2013), temperatura média anual de 20 °C (INMET, 2020) e precipitação pluviométrica média de 891,4 mm/ano, concentrada predominantemente entre abril e julho. Durante o período experimental, as normais climatológicas indicaram temperaturas máximas médias de 26 °C em abril, 24 °C em maio e 23 °C em junho (INMET, 2020).

Para o estudo, foram selecionados 20 carneiros da raça Dorper, com idade média de 18 ± 2 meses e peso corporal médio de 70 ± 3 kg, mantidos sob condições padronizadas de manejo.

4.3 Instalação e Manejo Alimentar

Os animais foram alojados em uma baia de 2,60 por 10,20 metros, dotada de laterais abertas e coberta com malha de sombreamento aluminizada, com capacidade de bloqueio luminoso de 80%. A instalação contava com bebedouro e comedouro, sendo a maior parte do piso composta por solo natural exposto, exceto na área adjacente ao bebedouro, que apresentava revestimento em concreto (Figura 1).

A dieta, fornecida duas vezes ao dia, consistia em volumoso (*Panicum maximum*) e concentrado à base de farelo de milho e soja, com teor de proteína bruta entre 18% e 20%. Adicionalmente, vitaminas e minerais foram suplementados mediante a utilização de um premix – mistura homogênea de microingredientes nutricionais.



Figura 1. Baia de alojamento dos carneiros.

Os animais foram submetidos a duas condições experimentais distintas: 22 dias em baias expostas às intempéries locais (Fase 1) e 43 dias sob condicionamento climático artificial (Fase 2). Esta última etapa foi implementada por meio de um Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE), cuja operação demandou o acionamento simultâneo de dois climatizadores evaporativos.

A indução da névoa d'água ocorre mediante efeito centrífugo produzido por um disco rotativo central, com vazão média de 7 L/h. O sistema emprega motores independentes: a hélice opera a 1.750 rpm, enquanto o disco central atinge rotação nominal de 3.450 rpm, gerando fluxo aerodinâmico com velocidade média de 2,5 m/s. Para ventilação forçada, utilizou-se ventiladores axiais dotados de vazão de 1.200 m³/h a 1.780 rpm, com hélices de 11 polegadas de diâmetro, resultando em fluxo de ar com velocidade média de 3,4 m/s. A operação do sistema ocorria diariamente no período das 8h às 17h.

Na Fase 1, realizaram-se duas coletas e análises seminais nos carneiros, com intervalo de 21 dias entre elas. Após a segunda coleta, o SRAE foi ativado, e novas avaliações do sêmen foram conduzidas 21 e 42 dias após o início do funcionamento do sistema, respectivamente.

4.4 Registro das Variáveis Meteorológicas

Para a caracterização ambiental durante as fases do estudo, um *datalogger* do modelo HOBO 4 (Onset Computer Corporation, Bourne, MA, EUA) foi instalado no interior de um abrigo meteorológico, posicionado a 1,50 metros de altura em relação ao piso. A fim de avaliar a eficiência operacional do sistema de resfriamento, um equipamento idêntico foi disposto externamente à baía, fora da área de influência do sistema, igualmente alocado em abrigo meteorológico à mesma altura (1,50 m), permitindo o registro contínuo dos seguintes parâmetros: temperatura do ar (TAR, °C) e umidade relativa do ar (UR, %). A aquisição de dados ocorreu em intervalos de 15 minutos, ao longo de todo o período experimental.

4.5 Imagens Térmicas

As imagens térmicas foram obtidas por meio de uma câmera termográfica infravermelha modelo E60 (FLIR®), em três intervalos horários distintos: 9, 13 e 17h. Os registros termográficos possibilitaram a análise quantitativa da temperatura superficial escrotal, bem como a mensuração da temperatura do pelame e do globo ocular dos animais, com enquadramento lateral direito.

Para garantia da acurácia métrica e minimização de interferências externas, estabeleceram-se critérios metodológicos rigorosos. Na captura de imagens escrotais, os animais foram posicionados em área sombreada, mantendo-se a câmera a uma distância focal de 1,0 m, com alinhamento perpendicular do sensor termográfico em relação à superfície analisada.

Para aquisição das imagens laterais direitas destinadas à mensuração da temperatura do pelame (TPEL, °C) e temperatura do globo ocular (TGO, °C), a câmera foi fixada a 1,0 m do animal. Este procedimento permitiu o registro da superfície lateral com angulação retilínea (90°), condicionado à permanência dos animais em posição. A compilação do banco de dados termográficos foi realizada mediante o *software* FLIR QuickReport®, considerando-se parâmetros técnicos predefinidos: emissividade de 0,98 (HOFFMANN et al., 2013; ALVES et al., 2016; SILVA et al., 2017) e ajuste termo-higrométrico ambiental durante a captura. Incluiu-se, ainda, a compensação da temperatura refletida, parâmetro essencial para determinação da variação térmica superficial nas regiões de interesse e atribuída através do valor da emissividade e adicionada ao *software*.

4.6 Determinação das variáveis fisiológicas

Para aferição dos parâmetros fisiológicos, começou-se registrando a frequência respiratória (FR; mov. min⁻¹) e, posteriormente, medindo a temperatura retal (TR; °C) (POLLI et al., 2022). Essas medições foram realizadas três vezes ao dia, nos mesmos horários em que as imagens termográficas foram obtidas (9h, 13h e 17h). Todos os animais foram submetidos a essas avaliações.

A FR foi determinada pela contagem do número de movimentos da região do flanco realizados pelo animal, no intervalo de 1 min (NICOLÁS-LÓPEZ et al., 2022), realizando a contagem de movimentos realizados em 30 segundos e multiplicando por 2. Após o registro da FR, foram tomadas as medidas da TR, com auxílio de termômetro digital de uso veterinário (SERRANO et al., 2022), escala entre 0 e 44 °C, introduzido no reto dos animais e esperando a estabilização para a obtenção do valor da TR. Os registros da temperatura da superfície da pele e do globo ocular dos animais foram corrigidas no software FLIR QuickReport, em que a emissividade e as condições termohigrométricas no momento de captura da imagem foram implementadas para o ajuste das temperaturas de superfície.

Para observar e comparar o grau de variação entre a temperatura de núcleo corporal e a temperatura testicular dos carneiros, a temperatura retal e as temperaturas da superfície escrotal foram selecionadas, sendo criados três associações: VAR1 – variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular proximal; VAR2 - variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular medial; e VAR3 - variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular distal.

A mensuração dos parâmetros fisiológicos iniciou-se pelo registro da frequência respiratória (FR; mov. min⁻¹), seguido da temperatura retal (TR; °C), conforme metodologia descrita por Polli et al. (2022).

A FR foi determinada mediante a observação e contagem dos movimentos da região do flanco durante 1 minuto completo, adotando-se o procedimento padronizado por Nicolás-López et al. (2022). Para maior precisão, realizou-se a contagem dos movimentos em 30 segundos, multiplicando-se o valor obtido por 2. Após o registro da FR, procedeu-se à mensuração da TR, utilizando-se um termômetro digital de uso veterinário (Serrano et al., 2022), com escala de 0 a 44 °C. O dispositivo foi inserido no reto dos animais, aguardando-se a estabilização do indicador para registro do valor final.

As temperaturas superficiais da pele e do globo ocular foram capturadas por meio de imagens termográficas, processadas no *software* FLIR QuickReport.

4.7 Coleta e análise do sêmen

A coleta de sêmen foi realizada mediante o emprego de vagina artificial, com auxílio de uma fêmea como estímulo. Após a obtenção de todos os ejaculados, os volumes seminais foram mensurados em tubo de vidro graduado, e as amostras foram imediatamente transportadas para análise laboratorial, visando a avaliação das demais variáveis espermiáticas.

As amostras foram submetidas à avaliação da motilidade total (0-100%) e do vigor espermiático (0-5), utilizando-se microscópio óptico com ampliação de 100x, conforme protocolo de Van de Hoek, Rickard e De Graaf (2022) e Batissaco et al. (2020). Para tal, uma alíquota de sêmen (diluída na proporção 1:400 em solução tris) foi depositada sobre lâmina de vidro e recoberta por lamínula previamente aquecida. O parâmetro turbilhonamento (0-5) foi analisado em outra lâmina contendo sêmen não diluído, também recoberta por lamínula aquecida, sob observação em microscópio óptico com ampliação de 40x (VAN DE HOEK; RICKARD; DE GRAAF, 2022).

A concentração espermiática ($\times 10^9/\text{ml}$) foi determinada por meio de câmara de Neubauer, após diluição de 1:400 em água destilada (ALMADALY et al., 2016), enquanto o volume do ejaculado foi registrado em mililitros. Para avaliação da integridade da membrana plasmática, aplicou-se o método de eosina-nigrosina: preparou-se um esfregaço a partir da mistura de uma alíquota de sêmen (diluída 1:400 em água destilada) e 10 μl do corante eosina-nigrosina (CARVAJAL-SERNA et al., 2022). Os esfregaços foram analisados em microscópio óptico (ampliação de 400x), contabilizando-se 200 células por amostra, classificadas conforme a integridade da membrana (íntegra ou não íntegra) (CARVAJAL-SERNA et al., 2022).

4.8 Análises estatísticas

4.8.1 Delineamento experimental

Os dados referentes às características seminais, frequência respiratória, temperatura retal, temperatura do globo ocular, temperatura do pelame e às associações entre a temperatura de núcleo corporal e a testicular foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$), adotando-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 20 repetições, definidas pelo número de animais disponíveis por tratamento. O modelo estatístico utilizado segue a estrutura de efeitos descrita na Equação (1):

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

No modelo descrito pela Equação (1), considerou-se que: y_{ij} - corresponde ao valor observado da variável resposta para a i -ésima unidade experimental (tratamento) em sua j -ésima repetição; μ - representa a média geral das observações; τ_i - denota o efeito do i -ésimo tratamento sobre o valor observado y_{ij} ; ϵ_{ij} - refere-se ao erro experimental associado à observação y_{ij} .

Os dados de temperatura ambiental e umidade relativa do ar foram submetidos à análise estatística descritiva por meio de *boxplots*. Cada diagrama sintetizou a distribuição dos dados por meio do resumo de cinco números: valor mínimo, primeiro quartil (25º percentil), mediana (50º percentil), terceiro quartil (75º percentil) e valor máximo, além do intervalo interquartil (diferença entre o terceiro e o primeiro quartis).

4.8.2 Análise de componentes principais

Realizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP) para investigar a correlação entre as variáveis de qualidade seminal, parâmetros fisiológicos e temperaturas escrotais, visando identificar aquelas que exercem influência predominante associada a fatores de climatização. Adotou-se o critério de Kaiser (Kaiser, 1958), retendo componentes com *autovalores superiores a 1* como indicativos de relevância estatística, enquanto os demais foram excluídos por representarem variância residual. O processo metodológico da ACP dividiu-se em três etapas: geração dos componentes a partir da matriz de correlação; seleção dos componentes significativos, conforme critério estabelecido; interpretação das cargas fatoriais, associando variáveis aos componentes retidos.

Após definir o número ideal de componentes principais, analisou-se a contribuição individual de cada variável nos eixos mais relevantes, resultando na construção da Matriz de Componentes Principais (MCP).

Com base nos resultados da ACP, modelos de regressão linear múltipla foram formulados, considerando exclusivamente as variáveis que demonstraram correlações mais expressivas com as Componentes Principais (CPs). Presumiu-se que tais variáveis possuíam maior relevância explicativa no conjunto de dados. A estrutura do modelo de regressão adotado está descrita na Equação (2):

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_4x_4 + \epsilon \quad (2)$$

em que: Y - variável resposta (parâmetros de qualidade do sêmen); x_1 , x_2 , x_3 e x_4 - variáveis preditoras (variáveis fisiológicas, índices de conforto e temperatura escrotal); ϵ - erro experimental associado ao modelo. A equação (2) é considerada linear porque se trata de uma

função linear de parâmetros desconhecidos β_0 , β_1 , β_2 , β_3 e β_4 , que são chamados de coeficientes da regressão.

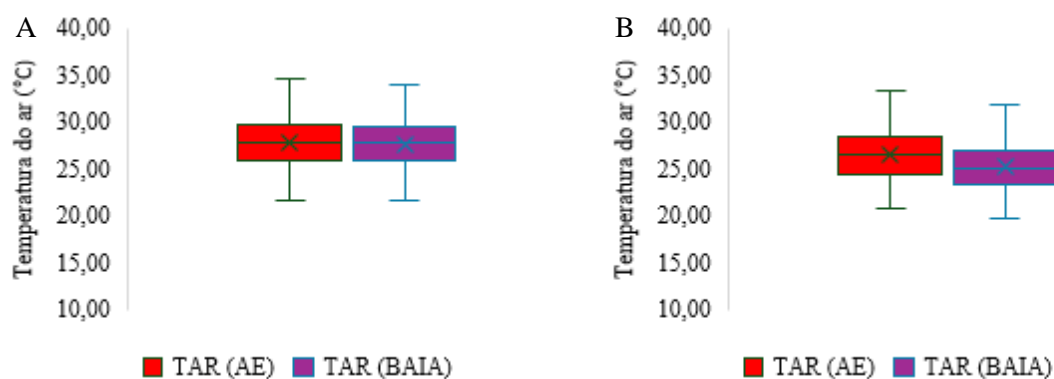
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Temperatura do ar

Constata-se que, em ambas as fases analisadas, os valores médios aproximam-se da mediana, o que sugere distribuição normal dos dados (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2022; MARINHO et al., 2023). Adicionalmente, não foram identificados *outliers*, e a simetria dos conjuntos de dados foi preservada, conforme ilustrado na Figura 2. Em estudo correlato, McManus et al. (2014) estabeleceram limites críticos para variáveis ambientais visando à identificação de regiões climaticamente adequadas no Estado de Pernambuco para criação de ovinos de raças puras, destacando uma temperatura crítica superior (TCS) de 28,40 °C para a raça Dorper.

Na Fase 1 (Figura 2A), a temperatura média do ar (TAR) no ambiente interno (baia) registrou 27,64 °C, com dispersão de 3,59 °C e amplitude térmica de 12,34 °C. Tais valores assemelharam-se aos observados no ambiente externo, cuja média foi de 27,74 °C, amplitude de 13,02 °C e dispersão de 3,81 °C. Nessa fase, verificou-se que a TAR na baia excedeu a TCS em 7 dias (Figura 2C), correspondendo a 30,43% do período total.

Na Fase 2 (Figura 2B), embora a dispersão (3,85 °C) e a amplitude (12,67 °C) da TAR externa tenham mantido proximidade com as da baia (3,60 °C e 12,27 °C, respectivamente), a média térmica interna apresentou redução significativa, atingindo 25,24 °C, valor 1,24 °C inferior ao registrado externamente. Destaca-se que, nessa etapa, apenas 2 dias (4,76% do período) apresentaram TAR acima da TCS (Figura 2C), indicando que 95,24% do intervalo analisado caracterizou-se por condições térmicas ideais.



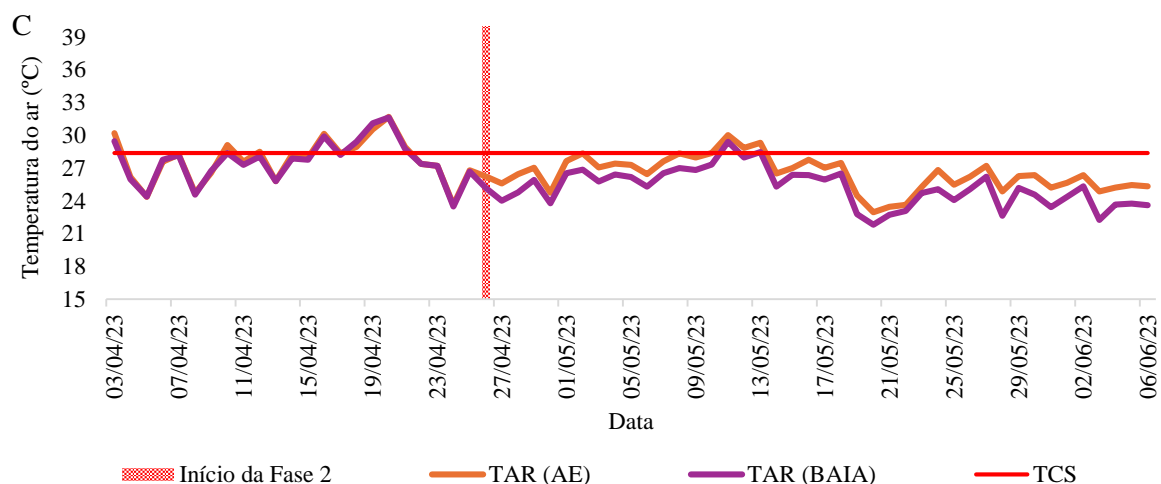


Figura 2. Análise descritiva e temporal das temperaturas do ar nas fases experimentais: (A) *Boxplot* da distribuição da temperatura do ar durante a Fase 1; (B) *Boxplot* da distribuição da temperatura do ar durante a Fase 2; (C) Série temporal dos valores médios diários de temperatura do ar monitorados ao longo do período experimental.

TAR (AE) – Temperatura do ar no ambiente externo; TAR (BAIA) – Temperatura do ar na baia; TCS – Temperatura Crítica Superior

5.2 Umidade relativa do ar

Não foram observados outliers em nenhuma das fases analisadas. Durante a Fase 1, os valores de média e mediana apresentaram discrepância (Figura 3A), evidenciando que, nesse período, a curva de distribuição dos dados se encontra mais afastada da média. Em contrapartida, na Fase 2, houve uma maior aproximação entre os valores de média e mediana, sugerindo que o SRAE contribuiu para a centralização da curva de distribuição em torno da média (SILVA et al., 2021; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2022).

Na segunda fase do estudo, os dados revelaram uma assimetria positiva (Figura 3A), com valores predominantemente abaixo da média ao longo desse período (HATEM et al., 2022). No entanto, essa configuração se inverteu durante a Fase 2 (Figura 3B), quando os valores de umidade relativa do ar no recinto passaram a se concentrar acima da média.

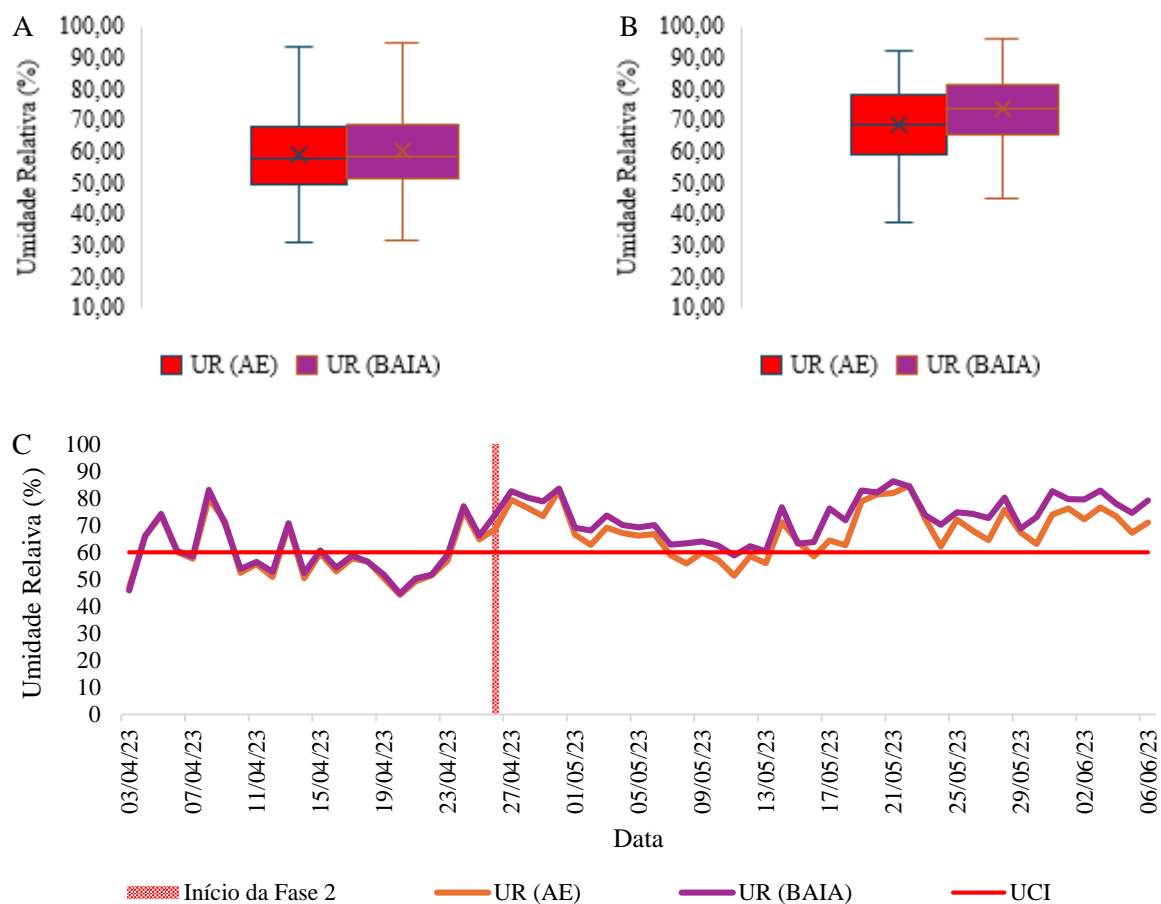


Figura 3. Boxplot representando os valores da umidade relativa do ar observados durante a Fase 1 (A); Boxplot correspondente aos valores da umidade relativa do ar na Fase 2 (B); e monitoramento dos valores médios diários da umidade relativa do ar ao longo do período de estudo (C). UR (AE) – Umidade relativa no ambiente externo; UR (BAIA) – Umidade relativa na baia; UCI – Umidade Crítica Inferior

Durante a Fase 1 (Figura 3A), a umidade relativa (UR) média do ar na baia foi de 60,08%, apresentando uma dispersão e amplitude de 17,55 e 63,12%, respectivamente. Esses valores foram semelhantes aos observados no ambiente externo, onde a média foi de 59,10%, com amplitude e dispersão de 18,61 e 62,87%, respectivamente. Na Fase 2 (Figura 3B), verifica-se que a dispersão e a amplitude da UR no ambiente externo (19,34 e 54,77%, respectivamente) foram superiores aos valores registrados na baia (15,85 e 50,97%, respectivamente). Esse achado sugere que o SRAE contribuiu para reduzir a queda da UR nos períodos mais secos, deslocando a média dos valores na baia para níveis superiores, o que representou um incremento de 7,12% em relação ao ambiente externo.

Lees et al. (2019) estabelece o valor de 60% como umidade crítica inferior (UCI) para a criação de ovinos. Na baia, durante 14 dos 22 dias da Fase 1, foram observados valores de

UR média diária abaixo da UCI (Figura 3C), configurando uma condição adversa em 60,87% do período analisado. Na Fase 2, essa situação foi praticamente eliminada, sendo registrado apenas um único dia com valor de UR média diária inferior à UCI.

A análise dos valores diários de temperatura ambiente (TAR) e umidade relativa do ar (UR) no ambiente externo revela a presença de variações naturais dessas variáveis ao longo do período do estudo (Figuras 2C e 3C). Esse comportamento pode estar associado ao aumento da frequência de dias chuvosos durante essa fase (Figura 4), condição característica da região nessa época do ano, o que resultou em uma elevação da umidade relativa média e uma redução da temperatura do ar. Essa alteração climática exerceu impacto negativo sobre a eficiência do SRAE, conforme indicado por estudos anteriores (KASHIF; SULTAN; KHAN, 2017; RAZA et al., 2020).

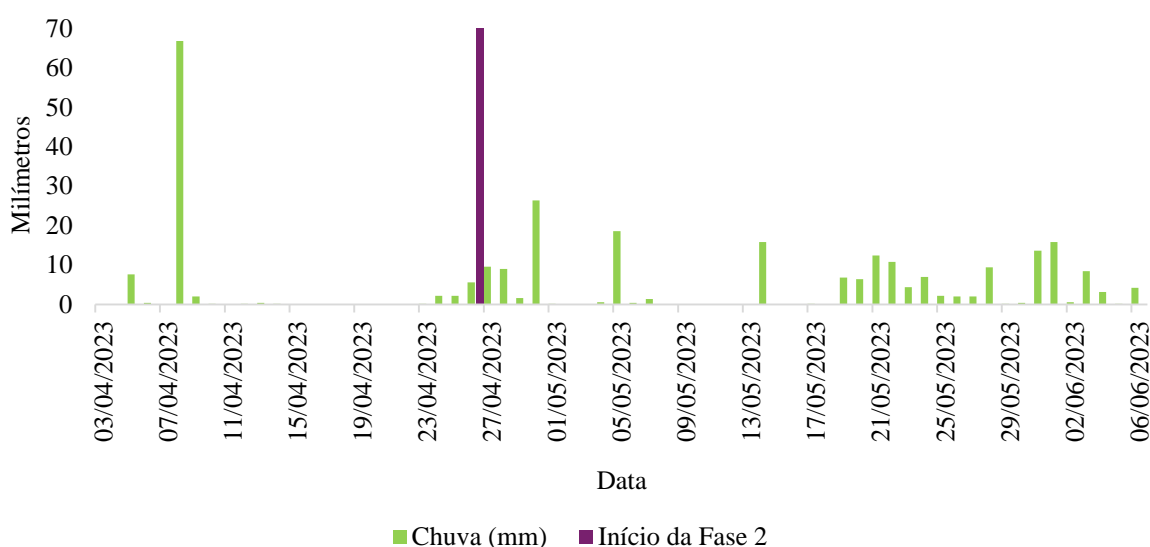


Figura 4. Precipitação diária registrados ao longo do período do estudo.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024).

5.3 Variáveis fisiológicas

A variação na frequência respiratória (FR) foi estatisticamente significativa para os três horários avaliados ($p \leq 0,05$), sendo a maior média observada às 13 h, com valores variando de 92 a 144 movimentos por minuto (Tabela 1). Nesse horário, 10% dos animais apresentaram alto nível de estresse, enquanto 90% foram classificados em nível muito alto. Com a introdução do SRAE, no mesmo horário, verificou-se uma atenuação de 52,55% na FR, a maior redução entre

os três horários. Os valores passaram a variar entre 56 e 80 movimentos por minuto, sendo que 10% dos animais encontravam-se em baixo nível de estresse e 90% em nível médio. Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Czekoski et al. (2018), que avaliaram ovinos das raças Dorper e Santa Inês em condições de clima subtropical, constatando valores máximos de FR variando entre 132 e 172 movimentos por minuto no período vespertino.

Tabela 1. Média e desvio padrão dos índices fisiológicos na baía nas Fases 1 e 2.

09 horas				
Var	Fase 1	Fase 2	CV (%)	Valor-p
FR (mov.min ⁻¹)	111 a ± 13,35	62 b ± 9,32	13,06	0,000
TR (°C)	39,45 a ± 0,24	39,15 b ± 0,17	0,53	0,000
TPEL (°C)	32,65 a ± 1,20	28,59 b ± 0,93	3,47	0,000
TGO (°C)	35,77 a ± 0,66	34,82 b ± 0,79	2,05	0,000
13 horas				
FR (mov.min ⁻¹)	147 a ± 21,59	70 b ± 6,43	12,94	0,000
TR (°C)	39,54 a ± 0,49	38,99 b ± 0,15	0,82	0,000
TPEL (°C)	32,85 a ± 1,01	29,88 b ± 0,57	2,52	0,000
TGO (°C)	36,04 a ± 0,83	35,11 b ± 0,57	1,97	0,000
17 horas				
FR (mov.min ⁻¹)	122 a ± 18,39	62 b ± 8,85	14,82	0,000
TR (°C)	39,38 a ± 0,20	39,13 b ± 0,23	0,55	0,001
TPEL (°C)	28,60 a ± 0,45	26,53 b ± 1,15	2,90	0,000
TGO (°C)	35,45 a ± 0,36	34,46 b ± 0,60	1,38	0,000

Médias com diferentes sobrescritos nas mesmas linhas diferem significativamente ($p < 0,05$).

FR – Frequência respiratória; TR – Temperatura retal; TPEL – Temperatura do pelame; TGO – Temperatura do globo ocular.

Apesar do resfriamento promovido pelo SRAE, os animais não apresentaram frequências respiratórias inferiores a 40 movimentos por minuto, limite que caracterizaria ausência de estresse. Nos horários das 9 e 17 h, foi observado que 55 e 60% dos animais, respectivamente, encontravam-se em baixo nível de estresse, enquanto os demais foram classificados em nível médio de estresse. Estudo conduzido por Maurya et al. (2018) com ovinos da raça Malpura, expostos a câmaras térmicas simulando condições de estresse térmico, identificou frequências respiratórias elevadas, sobretudo no período vespertino, com valores superiores a 120 movimentos por minuto. Em pesquisas realizadas com vacas leiteiras da raça Holstein, Pinto et al. (2019) observaram que, em condições de estresse por calor, animais resfriados oito vezes ao dia (utilizando aspersores e ventiladores laterais) apresentaram FR mais baixa (60,2 movimentos por minuto) em comparação com vacas submetidas ao resfriamento apenas três vezes ao dia (73,1 movimentos por minuto).

O sistema de climatização também promoveu redução significativa na temperatura retal (TR) em todos os horários avaliados ($p < 0,05$). A maior média foi registrada às 13 h (Tabela

1), sendo esse o período com maior variação entre as fases. Nesse horário o SRAE possibilitou uma redução média de 0,55 °C. A temperatura do núcleo corporal é amplamente utilizada como indicador de estresse térmico, sendo a TR o principal parâmetro empregado para essa avaliação (GALÁN et al., 2018). Garner et al. (2017) evidenciaram que vacas sob estresse térmico apresentaram valores elevados de TR (40 °C) em comparação àquelas em condições de termoneutralidade (38,5 °C).

A TR é um indicador representativo da temperatura do núcleo corporal (REIS et al., 2023), e pequenas variações nesse parâmetro indicam mudanças significativas no conforto térmico dos animais. Esse índice é sensível a elevadas cargas térmicas, podendo desencadear repercussões fisiológicas, como o aumento na frequência respiratória (TADESSE et al., 2023). A faixa considerada normal para a temperatura corporal de carneiros varia entre 38,5 e 39,9 °C, sendo que valores superiores foram detectados apenas durante a Fase 1, às 13 h, quando 35% dos animais apresentaram TR acima de 39,9 °C. Nos horários das 9 h e 17 h, as médias de TR foram semelhantes, com reduções de 0,30 e 0,24 °C, respectivamente, entre as fases.

É amplamente reconhecido que a temperatura do ar influencia diretamente a temperatura da superfície do pelame em ovinos (FONSÊCA et al., 2019). O funcionamento do SRAE proporcionou reduções significativas ($p < 0,05$) nas temperaturas médias do pelame, com reduções de 12,43; 9,04 e 7,23% nos horários das 9 h, 13 h e 17 h, respectivamente. Durante a Fase 1, às 17 h, os valores de temperatura do pelame foram inferiores a 30 °C, comportamento distinto dos horários das 9 h e 13 h (Tabela 1), em que as temperaturas máximas e mínimas foram, respectivamente, de 34,60 e 30,70 °C às 9 h, e 34,70 e 30,80 °C às 13 h. A elevação da temperatura do pelame ocorre em razão do aumento do calor interno, que acarreta maior suprimento de sangue para os vasos periféricos como forma de dissipar o calor (FONSECA et al., 2020).

Em estudo comparativo, Joy et al. (2020) observaram que ovinos da raça Dorper apresentaram menores valores de frequência respiratória, temperatura retal e temperatura do pelame em comparação aos ovinos da raça Merino de segunda geração (Poll Dorset × Merino/Border Leicester), quando submetidos a condições de estresse térmico. Isso demonstra maior adaptabilidade da raça Dorper a esse tipo de estresse, favorecendo maior eficiência no uso energético para características produtivas em vez de mecanismos adaptativos.

A temperatura do globo ocular (TGO) também apresentou valores superiores na Fase 1, com diferenças de 2,67%, 2,59% e 2,80% nos horários das 9 h, 13 h e 17 h, respectivamente, quando comparados aos valores registrados durante a operação do SRAE (Tabela 1). Essas

diferenças foram estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$). Os valores de TGO encontrados no presente estudo foram inferiores à média de 38,71 °C observada por Menchetti et al. (2021) em ovinos mantidos em ambiente com temperatura de 25 °C e umidade relativa de 65%. Estudos realizados por Pulido-Rodríguez et al. (2021) e Arfuso et al. (2022) destacam que a TGO é um indicador confiável da temperatura do núcleo corporal, devido à sua sensibilidade às variações no fluxo sanguíneo e à vasodilatação periférica.

5.4 Temperatura escrotal

Na Fase 1, a temperatura superficial do escroto dos ovinos registrou médias de 32,35, 31,71 e 31,08 °C para as porções proximal, medial e distal, respectivamente, evidenciando um gradiente térmico entre os polos testiculares (HUNTER; LÓPEZ-GATIUS, 2020). Os coeficientes de variação, com valores entre 0,74 e 1,11% (Tabela 2), indicaram baixa variabilidade intrínseca aos dados.

Na Fase 2, observou-se redução significativa ($p < 0,05$) na temperatura superficial escrotal, com diminuições médias de 0,27% (proximal), 0,54% (medial) e 2,01% (distal). Os valores de desvio padrão para as porções proximal e medial mantiveram-se consistentes com os valores medidos na fase anterior, enquanto a porção distal apresentou desvios significativamente menores na segunda fase, sugerindo maior homogeneidade térmica nesse segmento.

As médias e medianas foram congruentes em todas as porções, indicando aderência ou proximidade a uma distribuição normal (OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021; SILVA et al., 2021; MARINHO et al., 2023), hipótese confirmada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 1% de significância (Tabela 2).

Quanto à curtose, os valores foram negativos em todas as situações, exceto na porção proximal durante a primeira fase, indicando distribuição menos achatada que a curva normal (BONO et al., 2019). Na Fase 1, verificou-se assimetria negativa próxima a zero, sugerindo leve concentração dos dados acima da média (HATEM et al., 2022). Na Fase 2, a assimetria apontou concentração abaixo da média, exceto na porção distal, que exibiu distribuição praticamente simétrica.

Tabela 2. Estatística descritiva das temperaturas das regiões de interesse do escroto do animal.

Parâmetros	Temperatura Escrotal					
	Fase 1			Fase 2		
	Proximal	Medial	Distal	Proximal	Medial	Distal
Média (°C)	32,35	31,71	31,08	32,26	31,54	30,46
Mediana (°C)	32,36	31,73	31,09	32,27	31,54	30,45
DP	0,23	0,26	0,34	0,22	0,25	0,29

Variância	0,05	0,069	0,12	0,049	0,06	0,085
CV (%)	0,74	0,83	1,11	0,69	0,81	0,96
Assimetria	-0,13	-0,14	-0,05	0,26	0,21	-0,02
Curtose	0,04	-0,57	-0,74	-0,40	-0,59	-0,95
Normalidade	**	**	**	**	**	**

DP- Desvio padrão; CV - Coeficiente de variação; **normalidade a 1% de significância.

As temperaturas médias da superfície escrotal (Tabela 2) registradas na Fase 1 (31,71 °C) e na Fase 2 (31,42 °C) apresentaram-se superiores aos valores de 30,50 a 31,00 °C observados por Alves et al. (2016) em ovinos da raça White Dorper em clima subtropical úmido. Para a raça Dorper, Moura et al. (2019) relataram temperatura escrotal média de 30,40 °C durante o verão em clima tropical. Já Júnior et al. (2015) verificaram temperatura escrotal média de 31,30 °C em clima tropical, com temperaturas ambientais mínima e máxima de 15,70 e 23,00 °C (período matutino) e 25,00 a 26,90 °C (período vespertino), respectivamente, e umidade relativa variando entre 30,60 e 55,60%.

A espermatogênese regular depende da manutenção da temperatura testicular entre 2,0 e 6,0 °C abaixo da temperatura corporal interna (Moura et al., 2019). Conforme Coulter et al. (1988), há uma diferença de 4,8 °C entre a temperatura da superfície escrotal e a testicular. Na Fase 2, a variável VAR3 apresentou redução de 14%, enquanto VAR1 e VAR2 exibiram diminuições equivalentes de 11,78 e 11,72% (Figura 5). A maior redução em VAR3 decorre da maior sensibilidade da porção distal do escroto às variações ambientais.

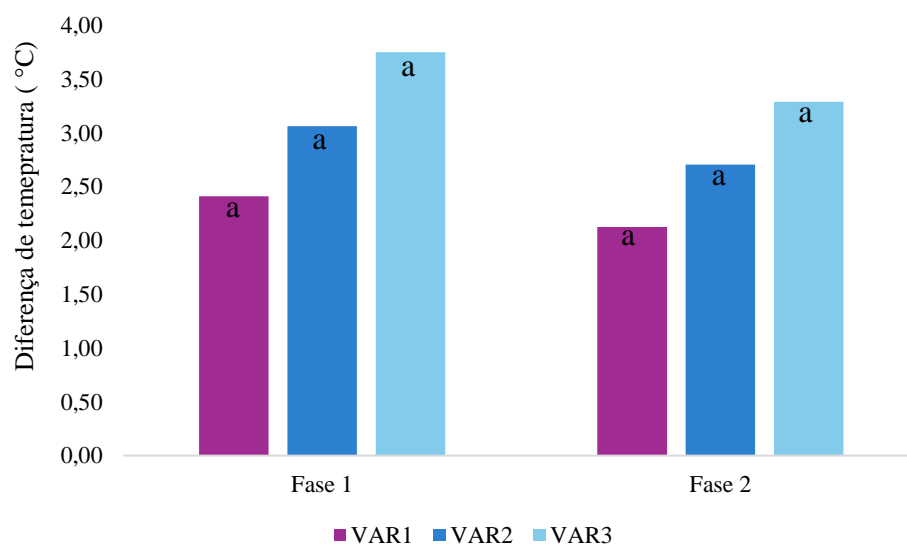


Figura 5. Indicadores formados a partir da diferença de temperatura do núcleo corporal e porções escrotais.

VAR1 – variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular proximal; VAR2 - variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular medial; e VAR3 - variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular distal; médias com diferentes sobrescritos indicam diferenças significativas entre as fases em cada variação ($p < 0,05$).

Os resultados também demonstram que a temperatura de núcleo corporal exibiu maior sensibilidade comparativamente à testicular. Em estudo sobre aquecimento escrotal isolado, Alves et al. (2016) observaram que ovinos não submetidos ao estresse térmico apresentaram diferença média de 2,93 °C entre a temperatura de núcleo corporal e a testicular, valor compatível com os achados deste estudo, enquanto nos indivíduos submetidos ao tratamento, a diferença foi de 1,12 °C. Kahwage et al. (2018), ao analisarem estações do ano em climas quente e em climas temperados, relataram diferenças mínima e máxima entre a temperatura testicular (medida na porção distal) e a de núcleo corporal de aproximadamente 3,0 °C (verão) e 3,3 °C (primavera), respectivamente. Em ambas as fases do presente estudo, as associações observadas situaram-se dentro da faixa termorregulatória necessária para a ocorrência de espermatogênese normal em ruminantes (DOS SANTOS et al., 2018).

5.5 Parâmetros de qualidade do sêmen

De maneira geral, nos ruminantes, as características seminais mais afetadas pela exposição ao estresse térmico incluem motilidade, concentração e morfologia espermática (SABÉS-ALSINA et al., 2019; MORRELL et al., 2020; SHAHAT; RIZZOTO; KASTELIC, 2020). O volume médio do sêmen, antes da implementação da climatização artificial, foi de 0,95 ml (Figura 6). Na Fase 2, entretanto, verificou-se um volume de 0,89 ml, sem diferença significativa ($p > 0,05$). A concentração espermática (Figura 6) apresentou uma variação de 4,60 para $5,03 \times 10^9$ spmtz ml⁻¹, também sem significância ($p > 0,05$) ao longo das fases do estudo.

Os valores de volume seminal aproximaram-se daqueles considerados normais para carneiros (1 ml), enquanto as concentrações espermáticas observadas foram superiores ao intervalo de 1 a 3×10^9 spmtz ml⁻¹ estabelecido como parâmetro pelo CBRA (2013).

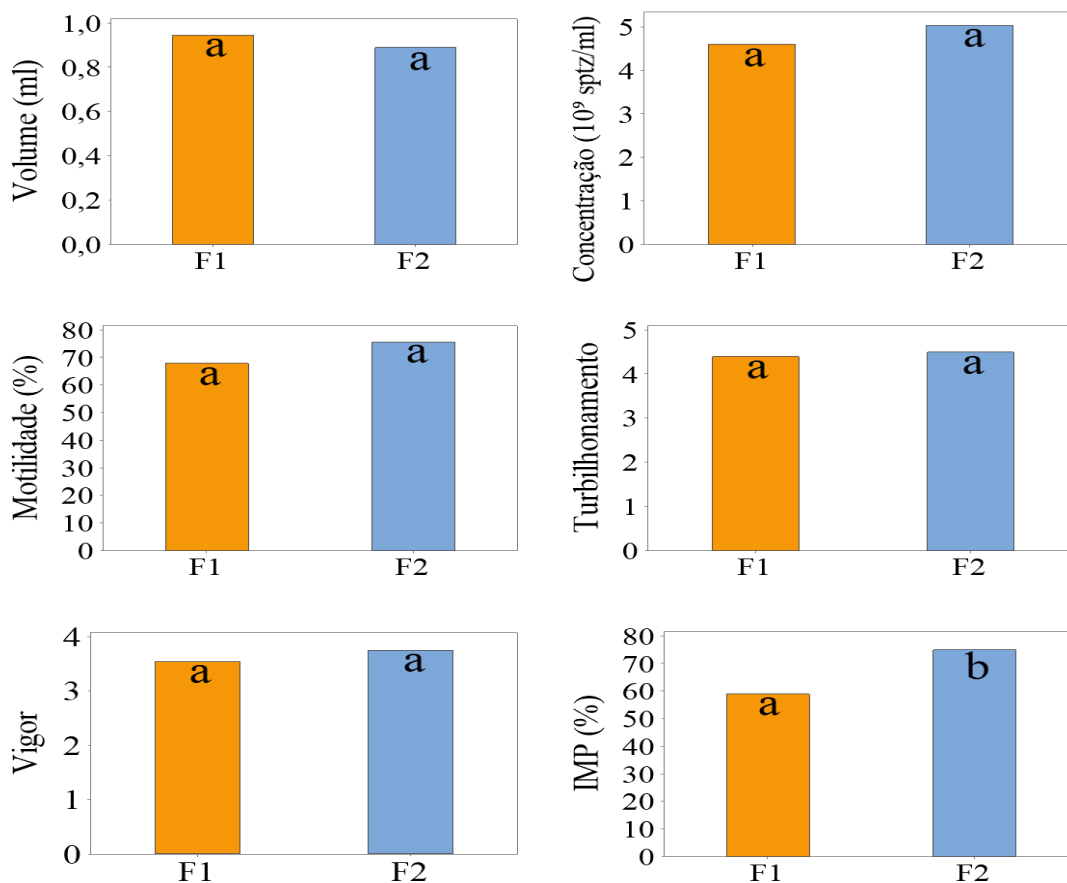


Figura 6. Parâmetros seminais na Fase 1 e na Fase 2.

F1 – Fase 1; F2 – Fase 2; spztz – Espermatozóides; IMP – Integridade da membrana plasmática. Médias com diferentes sobrescritos diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Conforme as diretrizes estabelecidas pelo CBRA (2013), a motilidade espermática ideal para ovinos deve atingir o índice de 75%. Durante a Fase 1, essa característica foi registrada em 68%, sendo observada uma elevação numérica para aproximadamente 76% na Fase 2 ($p > 0,05$), alcançando, assim, o valor mínimo recomendado para a espécie.

A variação no turbilhonamento foi discreta (Figura 6), com uma alteração de apenas 2,22% ($p > 0,05$) entre as fases, apresentando médias consistentemente superiores a 4 ao longo de todo o período do estudo. No que se refere ao vigor médio, este demonstrou uma modesta elevação, passando de 3,55 para 3,75 ($p > 0,05$) entre as duas fases, mantendo-se ligeiramente acima do valor considerado normal (3) para o sêmen de carneiros, conforme indicado pelo CBRA (2013).

Dentre os parâmetros avaliados, apenas a integridade da membrana plasmática (IMP) apresentou variação significativa ($p \leq 0,05$). Na Fase 1, a média de espermatozoides com membrana plasmática íntegra foi de apenas 59%, enquanto na Fase 2 esse número aumentou

significativamente para 75% (Figura 6), representando um incremento expressivo na proporção de espermatozoides com membrana intacta.

5.6 Análise de componentes principais (ACP)

Na Tabela 3, apresentam-se as principais componentes geradas pela análise multivariada, considerando-se variáveis fisiológicas (frequência respiratória, temperatura retal, temperatura do pelame e temperatura do globo ocular), temperaturas escrotais proximais, mediais e distais (TesP, TesM e TesD, respectivamente), associações entre temperatura retal e testicular (VAR1, VAR2 e VAR3) e características seminais (volume, turbilhonamento, motilidade, vigor, concentração e integridade da membrana plasmática) dos carneiros durante o estudo.

As componentes CP1 e CP2 acumularam 60,00% da variância explicativa, com autovalores de 5,42 e 4,16, respectivamente, sendo selecionadas conforme o critério de Kaiser (1958) para autovalores superiores a 1. Em estudo similar, Lúcio et al. (2016) aplicaram análise multivariada em touros submetidos ao aquecimento escrotal, obtendo 65,30% de variância explicativa ao avaliar parâmetros espermáticos e seu impacto na fertilização *in vitro* e desenvolvimento embrionário.

Tabela 3. Componentes principais (CP) das variáveis fisiológicas, temperaturas escrotais, variações entre temperatura retal e testicular e características seminais.

Variável	CP1	CP2
FR	-0,183	-0,413
TR	-0,253	-0,341
TPEL	-0,215	-0,378
TGO	-0,195	-0,326
TesP	-0,400	0,045
TesM	-0,422	0,068
TesD	-0,400	0,094
VAR1	0,302	-0,271
VAR2	0,329	-0,300
VAR3	0,305	-0,296
VOL	0,029	0,005
TUR	0,076	0,069
MOT	0,017	0,164
VIG	-0,089	0,059
CON	0,055	0,079
IMP	0,104	0,395
Autovalor	5,42	4,16
Proporção	33,90	26,10

FR – Frequência respiratória; TR – Temperatura retal; TesM – Temperatura escrotal medial; TesP – Temperatura escrotal proximal; TesD – Temperatura escrotal distal; TPEL – Temperatura do pelame; TGO – Temperatura do globo ocular; VAR1 – variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular proximal; VAR2 - variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular medial; e VAR3 - variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular distal; MOT – Motilidade; VIG – Vigor; TUR – Turbilhonamento; CON – Concentração; VOL – Volume; IMP - Integridade da membrana plasmática

Verifica-se na Figura 7A que a CP1 apresenta correlação positiva entre os indicadores fisiológicos e as temperaturas da superfície escrotal, achado que corrobora com Alves et al. (2016), os quais reportaram correlações positivas entre temperatura retal e temperatura escrotal média ($r = 0,17$; $p = 0,01$), temperatura retal e temperatura ocular média ($r = 0,59$; $p = 0,0001$), frequência respiratória e temperatura ocular ($r = 0,15$; $p = 0,02$), frequência respiratória e temperatura retal ($r = 0,21$; $p = 0,002$).

Amamou et al. (2019), mediante ACP, também identificaram correlação positiva entre parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, temperatura do pelame e retal) e índice de temperatura e umidade (ITU), sugerindo que o aumento da temperatura ambiental eleva esses parâmetros.

A CP1 demonstra ainda correlação negativa entre temperaturas escrotais e integridade da membrana plasmática (IMP) espermática, IMP e o conjunto de variáveis fisiológicas, VAR1, VAR2, VAR3 (CP2). Conforme a Figura 7B, os menores valores da IMP ocorreram na Fase 1, período sem climatização artificial. Alves et al. (2016) constataram que o aumento da temperatura escrotal reduziu a IMP de 58,88% para 49,23% em ovinos, enquanto Garcia-Oliveros et al. (2020) observaram efeito similar em bovinos após 14 dias de estresse térmico testicular.

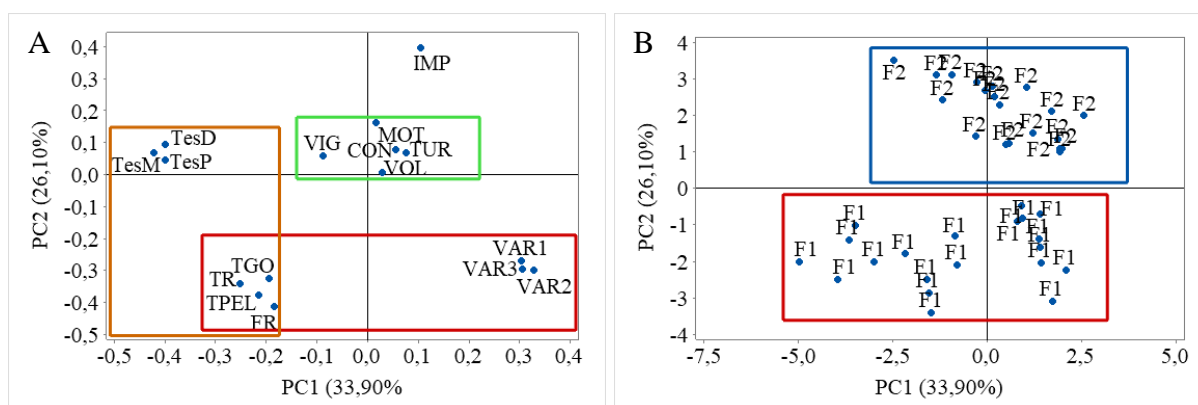


Figura 7. Componentes principais das variáveis fisiológicas, temperatura das porções escrotais, variações entre temperatura retal e testicular e características seminais. (A); Componentes principais dos animais na Fase 1 e na Fase 2 (B). F1 - Animais na Fase 1; F2 - Animais na Fase 2; FR – Frequência respiratória; TR – Temperatura retal; TesM – Temperatura escrotal medial; TesP – Temperatura escrotal proximal; TesD – Temperatura escrotal distal; TPEL – Temperatura do pelame; TGO – Temperatura do globo ocular; VAR1 – variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular proximal; VAR2 - variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular medial; e VAR3 - variação entre a temperatura retal e a temperatura testicular distal; MOT – Motilidade; VIG – Vigor; TUR – Turbilhonamento; CON – Concentração; VOL – Volume; IMP - Integridade da membrana plasmática.

A Figura 7B demonstra que os animais na Fase 2 apresentaram correlação positiva com a integridade da membrana plasmática (IMP) devido ao efeito do SRAE. A preservação da IMP é fundamental, uma vez que membranas plasmáticas íntegras e funcionais são essenciais para o processo de fertilização (Brito et al., 2004).

Em bovinos, Garcia-Oliveros et al. (2020) constataram efeitos negativos significativos ($P \leq 0,05$) do estresse térmico sobre a motilidade espermática ($P = 0,0001$ para tratamento; $P = 0,007$ para interação tratamento \times tempo). Pereira et al. (2020) observaram que temperaturas escrotais elevadas reduziram vigor e turbilhonamento após 4 semanas ($p = 0,001$). Júnior et al. (2015) relataram que, na primeira semana pós-aquecimento escrotal, seis das cinco raças ovinas estudadas apresentaram redução na concentração espermática, motilidade e IMP.

Em cervos, Yousef et al. (2022) identificaram impactos significativos ($p \leq 0,05$) de temperaturas escrotais elevadas sobre volume seminal, motilidade e IMP. No presente estudo, observa-se que as características seminais (concentração, volume, turbilhonamento, vigor e motilidade) posicionam-se próximas à origem do gráfico (Figura 7A), indicando que não explicaram variância significativa nos dados e não se associaram aos grupos definidos pela CP1, resultado que corrobora com a análise de médias.

A análise de componentes principais (Figura 7) permitiu identificar variáveis preditoras fundamentais e desenvolver modelos de regressão múltipla (Tabela 4), com destaque para os modelos de IMP, que demonstraram forte correlação com variáveis monitoradas e relevância como indicador de qualidade seminal.

Tabela 4. Modelos de determinação da integridade da membrana plasmática.

Equação	R ²	valor-p
IMP = -54 - 0,1457 FR + 3,92 TR + 1,41 TesM - 1,86 TPEL - 0,11 TGO	0,681	0,000
IMP = -202 - 0,0522 FR - 9,29 TR - 1,43 TesM - 1,71 TPEL - 0,47 TGO + 13,55 TAR + 4,40 UR + 4,26 TGN	0,740	0,000

IMP – Integridade da membrana plasmática; FR – Frequência respiratória; TR – Temperatura retal; VAR2 – diferença entre a temperatura de núcleo corporal e a testicular medial; TPEL – Temperatura do pelame; TGO – Temperatura do globo ocular; TAR – Temperatura do ar; UR – Umidade relativa

Para os modelos selecionados, foram considerados o coeficiente de determinação, valor-p e facilidade de obtenção das variáveis preditoras, optou-se por excluir as temperaturas das regiões distal e proximal, utilizando-se exclusivamente a temperatura da região medial da superfície escrotal visto que essa variável apresentou alta correlação ($R^2 = 0,99$) com a temperatura média da superfície escrotal, resultando em perda mínima de confiabilidade do modelo.

No primeiro modelo, que considerou apenas os indicadores fisiológicos dos animais, obteve-se R^2 de 0,681, indicando correlação de moderada a forte. Já no segundo modelo, que incorporou as variáveis meteorológicas monitoradas durante o experimento, observou-se aumento no coeficiente de determinação para 0,740, classificado como forte correlação.

6. CONCLUSÕES

Os indicadores fisiológicos e a integridade da membrana plasmática dos espermatozoides dos carneiros mostraram-se sensíveis ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo, com resultados que apontam para maior conforto térmico durante o período de operação do sistema. As temperaturas registradas nas diferentes porções escrotais demonstraram que a climatização artificial promoveu redução nas temperaturas em todas as áreas analisadas, diminuiu a variabilidade térmica escrotal e aumentou o gradiente de temperatura testicular.

A análise de componentes principais permitiu identificar as variáveis mais relevantes para caracterizar a integridade da membrana plasmática, possibilitando o desenvolvimento de modelos de regressão adequados para estimar esse parâmetro seminal. A implementação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo teve impacto significativo na redução da temperatura retal, do pelame, do globo ocular e da frequência respiratória dos carneiros Dorper.

Esses efeitos, associados à menor diferença entre a temperatura de núcleo corporal e a testicular, contribuíram de forma positiva para a manutenção da integridade da membrana plasmática dos espermatozoides. A abordagem metodológica empregada mostrou-se eficaz para avaliar os benefícios do sistema de climatização nos parâmetros fisiológicos e seminais dos animais.

7. REFERÊNCIAS

AMAMOU, Hajer et al. Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows. **Journal of thermal biology**, v. 82, p. 90-98, 2019.

ARFUSO, Francesca et al. Eye surface infrared thermography usefulness as a noninvasive method of measuring stress response in sheep during shearing: Correlations with serum cortisol and rectal temperature values. **Physiology & Behavior**, v. 250, p. 113781, 2022.

BLEIZGYS, Rolandas et al. Adiabatic Cooling System Working Process Investigation. **Processes**, v. 11, n. 3, p. 767, 2023.

BONO, Roser et al. Bias, precision, and accuracy of skewness and kurtosis estimators for frequently used continuous distributions. **Symmetry**, v. 12, n. 1, p. 19, 2019.

BRITO, Leonardo FC et al. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. **Theriogenology**, v. 61, n. 2-3, p. 511-528, 2004.

- BUFFINGTON, C. S. et al. Black globe humidity comfort index for dairy cows. St. Joseph. **Transactions of the ASAE**, v. 24, p. 0711-0714, 1981.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, D.L.; KARLEN, R.F.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E.; Field Scale Variability of soil properties in central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. AM. J.*, vol. 58, September-October, 1994.
- CARABAÑO, M. J. et al. Selecting for heat tolerance. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 62-68, 2019.
- CASTELLS, E. et al. Diagnostic imaging techniques of the respiratory tract of sheep. **Small Ruminant Research**, v. 180, p. 112-126, 2019.
- COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL – CBRA. Manual para Exame Andrológico e Avaliação de Sêmen Animal. 3. ed. Belo Horizonte, 2013.
- COSTA, R. G., QUEIROGA, R. de C. R. E, PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 307-321, 2009.
- COULTER, G. H.; SENGER, P. L.; BAILEY, D. R. C. Relationship of scrotal surface temperature measured by infrared thermography to subcutaneous and deep testicular temperature in the ram. **Reproduction**, v. 84, n. 2, p. 417-423, 1988.
- CZEKOSKI, Zilmara Maria Welfer et al. **Termorregulação e comportamento de ovinos Dorper X Santa Inês mantidos em diferentes sistemas de produção em clima subtropical**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- DASKIN, A.; YURDAYDIN, N.; OZDEMIR, T. Effects of cryptorchidism on spermatological properties. **Journal of Lalahan Livestock Research Institute (Turkey)**, 1998.
- DE OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco et al. Spatiotemporal analysis of drought and rainfall in Pakistan via Standardized Precipitation Index: homogeneous regions, trend, wavelet, and influence of El Niño-southern oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 149, n. 1-2, p. 843-862, 2022.
- DOS SANTOS, J. et al. Avaliação ultrassonográfica da degeneração testicular causada por insulação escrotal em carneiros. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 2, 2018.
- FONSECA, Felipe Napolitano da et al. Automatic prediction of stress in piglets (*Sus Scrofa*) using infrared skin temperature. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 168, p. 105148, 2020.
- FONSÊCA, Vinicius de França Carvalho et al. Bio-thermal responses and heat balance of a hair coat sheep breed raised under an equatorial semi-arid environment. **Journal of thermal biology**, v. 84, p. 83-91, 2019.
- FOROUSHANI, Sepehr; AMON, Thomas. A graphical method for assessing the effectiveness of evaporative cooling in naturally ventilated dairy barns. **Biosystems Engineering**, v. 218, p. 23-30, 2022.

GARCIA-OLIVEROS, Laura Nataly et al. Heat stress effects on bovine sperm cells: a chronological approach to early findings. **International Journal of Biometeorology**, v. 64, p. 1367-1378, 2020.

GARNER, J. B. et al. Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers. **Animal Production Science**, v. 57, n. 7, p. 1233-1241, 2017.

GILROY, Christine E.; LITVAK, Matthew K. Relationship between seminal plasma composition and spermatozoa swimming speed and motility in wild and captive shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*). **Aquaculture**, v. 505, p. 217-224, 2019.

GODYŃ, Dorota et al. Use of different cooling methods in pig facilities to alleviate the effects of heat stress—a review. **Animals**, v. 10, n. 9, p. 1459, 2020.

GUERRINI, V. H. Food intake of sheep exposed to hot-humid, hot-dry, and cool-humid environments. **American Journal of Veterinary Research**, v. 42, n. 4, p. 658-661, 1981.

HATEM, Georges et al. Normality testing methods and the importance of skewness and kurtosis in statistical analysis. **BAU Journal-Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 7, 2022.

HOFFMANN, G. et al. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. **Veterinary research communications**, v. 37, n. 2, p. 91-99, 2013.

HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M., & DE OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and science**, v.5, n.1, p.83-90, 2016.

HUNTER, Ronald HF; LÓPEZ-GATIUS, Fernando. Temperature gradients in the mammalian ovary and genital tract: A clinical perspective. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, v. 252, p. 382-386, 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em 26/08/2022.

INMET. Normais Climatológicas do Brasil. 2024. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. New Jersey: Prentice Hall, 816 p, 1998.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, v. 21, n. 2, p. 160- 173, 36, 1972.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, v. 22, n. 1, p. 21- 31, 1973.

JOY, A. et al. Non-invasive measure of heat stress in sheep using machine learning techniques and infrared thermography. **Small Ruminant Research**, v. 207, p. 106592, 2022.

JOY, Aleena et al. Differences in thermoregulatory responses between dorper and second cross lambs to heat stress challenges. In: **Proceedings**. MDPI AG, 2020. p. 155.

- JÚNIOR, CA Cruz et al. Effects of testicle insulation on seminal traits in rams: preliminary study. **Small Ruminant Research**, v. 130, p. 157-165, 2015.
- JÚNIOR, CA Cruz et al. Laser and thermographic infrared temperatures associated with heat tolerance in adult rams. **Small Ruminant Research**, v. 132, p. 86-91, 2015.
- KAHWAGE, Priscila Reis et al. Assessment of body and scrotal thermoregulation and semen quality of hair sheep rams throughout the year in a tropical environment. **Small Ruminant Research**, v. 160, p. 72-80, 2018.
- KAHWAGE, Priscila Reis et al. High systemic and testicular thermolytic efficiency during heat tolerance test reflects better semen quality in rams of tropical breeds. **International journal of biometeorology**, v. 61, p. 1819-1829, 2017.
- KAISER, HENRY F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23.3: 187-200, 1958.
- KASTELIC, J. P.; BRITO, L. F. C. Ultrasonography for monitoring reproductive function in the bull. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 47, p. 45-51, 2012.
- KASTELIC, J. P.; COULTER, G. H.; COOK, R. B. Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular, and intraepididymal temperatures in bulls. **Theriogenology**, v. 44, n. 1, p. 147-152, 1995
- KASTELIC, John P.; COOK, R. Byrne; COULTER, Glenn H. Effects of ambient temperature and scrotal fleece cover on scrotal and testicular temperatures in rams. **Canadian journal of veterinary research**, v. 63, n. 2, p. 157, 1999.
- KATIYATIYA, C. L.; MUCHENJE, V. Hair coat characteristics and thermophysiological stress response of Nguni and Boran cows raised under hot environmental conditions. **International journal of biometeorology**, v. 61, n. 12, p. 2183-2194, 2017.
- LOPES, I. et al. Geostatistics applied to the environmental mapping of aviaries. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 409-414, 2020.
- LPHSI. Livestock and Poultry Heat Stress Indices. Agriculture Engineering Technology Guide. Clemson University, Clemson, SC. USA, 1990.
- LÚCIO, Aline C. et al. Selected sperm traits are simultaneously altered after scrotal heat stress and play specific roles in in vitro fertilization and embryonic development. **Theriogenology**, v. 86, n. 4, p. 924-933, 2016.
- MARINHO, Gabriel Thales Barboza et al. Bioclimatic Zoning for Sheep Farming through Geostatistical Modeling in the State of Pernambuco, Brazil. **Animals**, v. 13, n. 6, p. 1124, 2023.
- MARQUES, J. I. et al. Estimation of Rectal Temperature of Goats Based on Surface Temperature. **Engenharia Agrícola**, v. 41, p. 591-598, 2021.
- MASCARENHAS, Nágela Maria Henrique et al. Thermal gradient of local sheep and goats reared in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 18, n. 2, p. e3020-e3020, 2023.

- MAURYA, V. P. et al. Biological ability of Malpura rams to counter heat stress challenges and its consequences on production performance in a semi-arid tropical environment. **Biological Rhythm Research**, v. 49, n. 3, p. 479-493, 2018.
- MENCHETTI, Laura et al. Effects of reduced space allowance and heat stress on behavior and eye temperature in unweaned lambs: a pilot study. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3464, 2021.
- MENEGASSI, Silvio Renato Oliveira et al. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. **International journal of biometeorology**, v. 59, p. 357-364, 2015.
- MENGISTU, U. L. et al. Conditions to evaluate differences among individual sheep and goats in resilience to high heat load index. **Small Ruminant Research**, v. 147, p. 89-95, 2017.
- MORRELL, Jane M. Heat stress and bull fertility. **Theriogenology**, v. 153, p. 62-67, 2020.
- MOURA, Ana Beatriz Bossois et al. Differences in the thermal sensitivity and seminal quality of distinct ovine genotypes raised in tropical conditions. **Theriogenology**, v. 123, p. 123-131, 2019.
- NICOLÁS-LÓPEZ, Porfirio et al. Ferulic acid supplementation for 40 days in hair ewe lambs experiencing seasonal heat stress: short-term effects on physiological responses, growth, metabolism, and hematological profile. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-10, 2022.
- PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 558-568, 2012.
- PEREIRA, Gabriel Ribas et al. Effect of scrotal insulation on sperm quality and seminal plasma proteome of Brangus bulls. **Theriogenology**, v. 144, p. 194-203, 2020.
- PINTO, Severino et al. Effect of two cooling frequencies on respiration rate in lactating dairy cows under hot and humid climate conditions. **Ann. Anim. Sci**, 19, 821–834, 2019.
- POLLI, V. A. et al. Carcass traits and meat quality of lambs slaughtered during different seasonal conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 54, n. 6, p. 1-10, 2022.
- PRAGNA, P. et al. Summer season induced rhythmic alterations in metabolic activities to adapt to heat stress in three indigenous (Osmanabadi, Malabari and Salem Black) goat breeds. **Biological Rhythm Research**, v. 49, n. 4, p. 551-565, 2018.
- PULIDO-RODRÍGUEZ, L. F. et al. Effect of solar radiation on thermoregulatory responses of Santa Inês sheep and their crosses with wool and hair Dorper sheep. **Small Ruminant Research**, v. 202, p. 106470, 2021.
- RASHAMOL, V. P. et al. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 6, n. 3, p. 62-71, 2020.
- REIS, Barbara Roqueto dos et al. Open-Source Wearable Sensors for Behavioral Analysis of Sheep Undergoing Heat Stress. **Applied Sciences**, v. 13, n. 16, p. 9281, 2023.

- RENAUDEAU, D. et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v. 6, n. 5, p. 707-728, 2012.
- RIBEIRO, B. P. V. B. et al. Thermoneutral zone for laying hens based on environmental conditions, enthalpy and thermal comfort indexes. **Journal of Thermal Biology**, v. 93, p. 102678, 2020.
- RIZZOTO, G. et al. Acute mild heat stress alters gene expression in testes and reduces sperm quality in mice. **Theriogenology**, v. 158, p. 375-381, 2020a.
- RIZZOTO, G. et al. Testicular hyperthermia reduces testosterone concentrations and alters gene expression in testes of Nelore bulls. **Theriogenology**, v. 152, p. 64-68, 2020b.
- ROSSI E. S. et al. A influência do estresse térmico na resistência do sêmen ovino (*Ovis Aries*) refrigerado a 4 °C. Jornada de Pós-graduação JOIA, Unesp - 2021.
- ROSTAGNO, Horacio Santiago et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais, v. 2, p. 186, 2011.
- SABÉS-ALSINA, M. et al. Relationships between climate and sperm quality in dairy bull semen: A retrospective analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 6, p. 5623-5633, 2019.
- SANTOS, Willyane de Souza et al. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil e na região Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 7, p. 21283-21303, 2023.
- SEJIAN, V. et al. Adaptation of animals to heat stress. **Animal**, v. 12, n. s2, p. s431-s444, 2018.
- SEJIAN, V. et al. Adapting sheep production to climate change. In: **Sheep production adapting to climate change**. Springer, Singapore, 2017. p. 1-29.
- SERRANO, Jorge Orlay 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.
- SETCHELL, B. P. The parkes lecture heat and the testis. **Reproduction**, v. 114, n. 2, p. 179-194, 1998.
- SHAHAT, A. M.; RIZZOTO, G.; KASTELIC, J. P. Amelioration of heat stress-induced damage to testes and sperm quality. **Theriogenology**, v. 158, p. 84-96, 2020.
- SILVA, C. M. et al. Performance and economic viability of feedlot sheep fed different levels of roughage, concentrate, and water. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1595-1605, 2016.
- SILVA, M. V. et al. Spatial modeling via geostatistics and infrared thermography of the skin temperature of dairy cows in a compost barn system in the Brazilian semiarid region. **Smart Agricultural Technology**, v. 3, p. 100078, 2022.
- SILVA, Marcos Vinícius da et al. Spatial modeling of rainfall patterns and groundwater on the coast of northeastern Brazil. **Urban Climate**, v. 38, p. 100911, 2021.

- SILVA, R. Â. B. et al. Spatial dependence of udder surface temperature variation in dairy cows with healthy status and mastitis. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 20, 2019.
- SIMMONS, J. D.; LOTT, B. D. Evaporative cooling performance resulting from changes in water temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 12, n. 4, p. 497-500, 1996.
- SORIO, A. Diagnóstico da Oferta e Demanda de Ovinos e Caprinos para processamento de carne, pele e leite na região central do Tocantins. **Secretaria do desenvolvimento da agricultura e pecurária-Estado do Tocantins**, p. 240, 2017.
- SOUZA, E. D. de. et al. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 177-184, 2005.
- SUTHERLAND, M. A. et al. Evaluation of infrared thermography as a non-invasive method of measuring the autonomic nervous response in sheep. **PLoS One**, v. 15, n. 5, p. e0233558, 2020.
- TADESSE, Dereje et al. Differentiation of Hair Sheep Breeds Based on the Physiological and Blood Biochemical Changes in Response to Different Stressors Using Multivariate Analysis Techniques. **Animals**, v. 13, n. 16, p. 2643, 2023.
- THOM, E. C. The Discomfort Index Weatherwise 12: 57-61. 1959.
- THORNTON, P. et al. Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study. **The Lancet Planetary Health**, v. 6, n. 3, p. e192-e201, 2022.
- VAN WETTERE, W. H. E. J. et al. Review of the impact of heat stress on reproductive performance of sheep. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 12, n. 1, p. 1-18, 2021.
- Vieira, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, F.; Alvarez, V.; Schaefer, C. E. G. R. (ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-53, 2000.
- YOUSEF, Mohamed S. et al. Exogenous gonadotropin-releasing hormone counteracts the adverse effect of scrotal insulation on testicular functions in bucks. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 7869, 2022.
- ZAKERI, F.; MARIETHOZ, G. A review of geostatistical simulation models applied to satellite remote sensing: Methods and applications. **Remote Sensing of Environment**, v. 259, p. 112381, 2021.
- ZHANG, C. et al. Application of Infrared Thermography in Livestock Monitoring. *Transactions of the ASABE*, v. 63, n. 2, p. 389-399, 2020.

ASSINATURA DO ORIENTADOR

Aluno: Victor Batista Rodrigues

Orientador: Héilton Pandorfi