



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA

VETERINÁRIA – FAV

CURSO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL

**AVALIAÇÃO DE ESFORÇO E RECUPERAÇÃO EM
BOVINOS JOVENS SUBMETIDOS A PROVA DE LAÇO
EM DUPLA (team roping)**

LETHICIA DA SILVA SANTOS

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS
CIRÚRGICAS, PROTOCOLOS ANESTÉSICOS E
TERAPIAS INOVADORAS.**

BRASÍLIA,



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**AVALIAÇÃO DE ESFORÇO E RECUPERAÇÃO EM
BOVINOS JOVENS SUBMETIDOS A PROVA DE LAÇO
EM DUPLA (team roping)**

LETHICIA DA SILVA SANTOS

ORIENTADOR: JOSÉ RENATO JUNQUEIRA BORGES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SAÚDE ANIMAL

BRASÍLIA/DF

Julho/2025

Ficha Catalográfica

Santos, L, S. **Avaliação de esforço e recuperação em bovinos jovens submetidos a prova de laço em dupla (team roping) I.**
Brasília: Faculdade de agronomia e medicina veterinária,
Universidade de Brasília, 2025, 59p. Dissertação de mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Santos, Lethicia Silva Avaliação de esforço e recuperação em bovinos jovens submetidos a prova de laço em dupla (team roping).

Lethicia da Silva Santos; orientação de José Renato Junqueira Borges

– Brasília, 2025

60 p. : il.

Dissertação de mestrado (M)- Universidade de Brasília/ faculdade de agronomia e medicina veterinária,2023.

FOLHA DE APROVAÇÃO

**Avaliação de esforço e recuperação em bovinos jovens submetidos a
prova de laço em dupla (team roping)**

LETHICIA DA SILVA SANTOS

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM SAÚDE ANIMAL**

Aprovado por

**José Renato Junqueira Borges, doutor, HANOVER
(Orientador)**

**Fabio Henrique Bezerra Ximenes, Doutor, Unesp
(CO-ORIENTADOR E/OU EXAMNIADOR INTERNO)**

**Thiago Yokio Nitta, Doutor, Unesp
EXAMINADOR EXTERNO, titulação (Instituição de origem)**

BRASÍLIA/DF,

Agradecimentos

A Deus, por me conceder saúde e sabedoria para conduzir este projeto até sua conclusão.

À minha irmã Emilayne (in memoriam), cuja presença e proteção sinto mesmo à distância, sendo fonte constante de inspiração e força.

Aos meus pais, por me ensinarem, ao longo de toda a vida, a ser forte e a nunca desistir dos meus sonhos.

Ao Carlos Andrey, que viveu intensamente cada etapa deste projeto ao meu lado, oferecendo apoio incondicional em todos os momentos.

Aos estagiários João Vitor Kubota e Luiz Felipe Silva, pela disposição, coragem e parceria ao enfrentarem comigo os desafios do experimento.

À Associação Brasileira de Criadores de Cavalo Quarto de Milha (ABQM) e toda a sua equipe, com especial agradecimento aos Doutores César e Thiago, pelo apoio técnico e institucional fundamentais à realização deste trabalho.

Aos amigos e familiares que, com paciência e carinho, ouviram incansavelmente sobre este projeto e me incentivaram a seguir em frente.

Epígrafe



- **“A cada animal que tratei, aprendi mais do que ensinei. A eles, dedico esta jornada.”**
 - **(Autor desconhecido)**

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do esforço físico em bovinos jovens submetidos à prova de laço em dupla (team roping), utilizando como parâmetros a termografia infravermelha (IRT) da superfície corporal e a mensuração das concentrações séricas de cortisol, creatina quinase (CK) e aspartato aminotransferase (AST). Foram utilizados 30 bovinos machos, divididos em grupos controle e teste. A coleta de dados incluiu medições térmicas e amostras sanguíneas em sete tempos distintos: antes do transporte (T-1), antes da prova (T0), imediatamente após (T1), e em intervalos de 4h (T2), 12h (T3), 24h (T4) e 36h (T5). Análise dos resultados indicaram por meio da mensuração das enzimas CK e AST no grupo teste um aumento significativo, especialmente nos tempos T0 e T2, associado à resposta muscular ao esforço. O cortisol, embora com variações discretas, não apresentou diferenças significativas. A análise térmica demonstrou alterações compatíveis com a redistribuição do fluxo sanguíneo periférico pós-exercício. A recuperação fisiológica foi observada até 36h após a prova. Conclui-se que, sob condições controladas, a prova de laço em dupla provoca respostas fisiológicas transitórias, sem indicativos de sofrimento animal duradouro, sendo os parâmetros analisados úteis para monitorar o bem-estar animal.

Palavras-chave: bovinos, enzimas musculares, cortisol, termografia, bem-estar animal.

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of physical exertion on steers subjected to team roping events by assessing infrared thermography (IRT) of body surface and measuring serum concentrations of cortisol, creatine kinase (CK), and aspartate aminotransferase (AST). Thirty male cattle were used, divided into control and test groups. Data collection included thermal measurements and blood sampling at seven time points: before transport (T-1), before the event (T0), immediately after (T1), and at 4h (T2), 12h (T3), 24h (T4), and 36h (T5) intervals. Results showed significant increases in CK and AST levels in the test group, particularly at T0 and T2, associated with muscular response to exertion. Cortisol levels showed discrete variations with no statistically significant differences. Thermal analysis indicated changes consistent with peripheral blood flow redistribution post-exercise. Physiological recovery was observed within 36 hours after the event. It is concluded that, under controlled conditions, team roping induces transient physiological responses without evidence of prolonged animal suffering. The evaluated parameters are effective tools for monitoring animal welfare.

Keywords: cattle, muscle enzymes, cortisol, thermography, animal welfare.

Súmario

1.INTRODUÇÃO	13
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Bioquímica e Fisiologia do Cortisol	14
2.2 Aspartato Aminotransferase (AST) em Bovinos	15
2.3 Creatina Quinase (CK) em Bovinos	17
2.4 Termografia infravermelha	18
2.4.1 Princípios de Funcionamento da Termografia Infravermelha	18
2.4.2 Câmera Infravermelha	19
2.4.3 Avaliação de Esforço Físico e em manejos de bovinos	19
2.4.4 Bem-estar e Conforto Térmico	19
2.4.5 Vantagens e Limitações da Técnica	20
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS.....	47

Lista de tabelas

Tabela 1: Comparação dos valores séricos de cortisol entre o grupo controle e teste.

Tabela 2: Distribuição dos níveis séricos de cortisol entre o tempo T0 e T2 no grupo controle.

Tabela 3: Distribuição dos níveis séricos de cortisol no grupo teste nos momentos T0, T1 e T2.

Tabela 4: Distribuições dos níveis séricos de cortisol entre grupo controle e teste nos momentos T0, T1 e T2.

Tabela 5: Comparação dos níveis séricos de AST entre o grupo controle e teste.

Tabela 6: Comparação dos níveis séricos de AST no grupo controle, entre os tempos.

Tabela 7: Comparação dos níveis séricos de AST no grupo teste, entre os tempos.

Tabela 8: Comparação dos níveis séricos de CK entre o grupo controle e teste.

Tabela 9: Comparação dos níveis séricos de CK no grupo controle, entre os tempos.

Tabela 10: Comparação dos níveis séricos de CK no grupo teste, entre os tempos.

Tabela 11: Média e desvio-padrão das enzimas. Os valores das médias são apresentados primeiro e posteriormente, entre parênteses, o valor do desvio-padrão.

Lista de figuras

Figura 1. Atividades séricas de AST e CK aumentam em resposta a lesões musculares, com diferentes ritmos de elevação e queda

Figura 2. Bovinos no alojamento, antes de serem transportados para o local da prova

Figura 3. Animais alojados nos currais no parque de exposição de Araçatuba-SP

Figura 4. Termografia da carúncula lacrimal

Figura 5. Coleta de sangue pela via coccígea

Figura 6. Matriz de correlação entre variáveis térmicas e umidade ao longo do tempo

Lista de abreviações

ABQM – Associação Brasileira de Criadores de Cavalo Quarto de Milha

ACTH – Hormônio Adrenocorticotrófico

ALT – Alanina Aminotransferase

AO – Área de Olho

AST – Aspartato Aminotransferase

ATP – Adenosina Trifosfato

CBG – Globulina Ligadora de Corticosteroides

CK – Creatina Quinase

CK-MM – Creatina Quinase Isoforma Muscular

CK-MB – Creatina Quinase Isoforma Cardíaca

CK-BB – Creatina Quinase Isoforma Cerebral

CPK – Creatina Fosfoquinase

HHA – Eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenal

IL – Interleucina

IRT – Termografia Infravermelha

MP – Membro Pélvico

SP – São Paulo

T0, T1, T2, T3, T4, T5 – Momentos de Coleta (antes e após prova)

TIV – Termografia Infravermelha

TNF- α – Fator de Necrose Tumoral Alfa

UnB – Universidade de Brasília

1.INTRODUÇÃO

A prova de laço em dupla (team roping) é uma modalidade esportiva e cultural que envolve dois cavaleiros que, no menor tempo possível, devem laçar um bovino jovem pela cabeça e pelas patas. Originada nos Estados Unidos e difundida no Brasil, essa prática tem gerado discussões quanto ao bem-estar animal, especialmente no que se refere às possíveis lesões cervicais provocadas pela tração da corda (SILVA FILHO, 2020; ALBERNAZ, 2006).

O uso de animais em atividades esportivas tem sido alvo de críticas por entidades de proteção e também de atenção por associações de criadores, que buscam alinhar a prática à preservação do bem-estar animal (EBTA, 2013). Avaliações realizadas por Queiroz (2021) demonstram que, quando respeitados critérios adequados de manejo, essas práticas não configuram maus-tratos.

O estresse, definido como a resposta a estímulos adversos, aciona o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA), elevando os níveis de cortisol (BROOM, 1996; MACEDO, 2011). Este hormônio é um importante biomarcador do estresse em animais de produção, especialmente em situações como transporte, contenção e reagrupamento (SIERRA, 2019). Quando associado à dosagem de glicose e enzimas musculares, como a CK e a AST, o cortisol fornece uma visão abrangente do estado fisiológico do animal (CRUZ et al., 2021).

A AST, presente em células hepáticas e musculares, aumenta lentamente após lesões musculares, atingindo o pico entre 24 e 36 horas (BOYD, 1983; CARDINET, 1967). Já a CK, específica para tecido muscular, apresenta elevação rápida (6 a 12 horas) e curta meia-vida (~2h), sendo útil para identificar lesões recentes (AKTAS, 1993; TRHALL, 2014). A análise conjunta dessas enzimas permite estimar o momento e a progressão da lesão.

Além de indicadores bioquímicos, métodos não invasivos como a termografia infravermelha (IRT) têm se destacado na avaliação do bem-estar animal. A IRT mede a radiação térmica emitida pela superfície corporal, oferecendo uma alternativa precisa e menos estressante à medição da temperatura retal (SILANIKOVE, 2000; CRUZ et al., 2021). Em bovinos, a

temperatura da região ocular correlaciona-se com a temperatura central do corpo, sendo pouco influenciada pela temperatura ambiente (GLOSTER, 2011).

Diante disso, o presente estudo objetiva avaliar os efeitos fisiológicos do esforço físico em bovinos submetidos à prova de laço em dupla, por meio da termografia infravermelha e da análise sérica de cortisol, CK e AST, contribuindo para a compreensão da resposta dos animais e para a promoção de práticas esportivas mais responsáveis.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bioquímica e Fisiologia do Cortisol

O cortisol é o principal glicocorticoide secretado pelas glândulas adrenais na maioria dos mamíferos, incluindo os bovinos. Sua produção é regulada pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA), sendo o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) o principal estimulador da liberação de cortisol pela zona fasciculada do córtex adrenal (Sapolsky et al., 2000). A síntese do cortisol tem início a partir do colesterol, que é convertido em pregnenolona e posteriormente, via ação enzimática da 17 α -hidroxilase, 21-hidroxilase e 11 β -hidroxilase, em cortisol (González, 2008; Palme, 2012; Mallo et al., 2010).

Quimicamente, o cortisol é um esteroide lipofílico que se difunde facilmente pelas membranas celulares e se liga a receptores intracelulares do tipo glicocorticoide. No plasma, a maior parte circula ligada à globulina ligadora de corticosteroides (CBG), enquanto cerca de 5 a 10% permanece livre, representando a fração biologicamente ativa (Breuner et al., 2013; Katsu & Iguchi, 2016). A fração livre é responsável pela difusão passiva para dentro das células-alvo, onde atua modulando a transcrição gênica por meio de receptores nucleares, especialmente em tecidos como fígado, músculo e sistema imune (Sapolsky et al., 2000; Hellhammer et al., 2009).

Do ponto de vista fisiológico, o cortisol exerce papel fundamental na manutenção da homeostase energética. Ele estimula a gliconeogênese hepática, promove a lipólise e a proteólise e inibe a captação periférica de

glicose, sendo essencial em situações de estresse metabólico e físico (Moberg, 2000; Macedo et al., 2011). Além disso, exerce efeito imunossupressor e anti-inflamatório, atuando na regulação negativa da produção de citocinas pró-inflamatórias como IL-1, IL-6 e TNF- α (Smoak & Cidlowski, 2004; Coutinho & Chapman, 2011).

Nos bovinos, a secreção de cortisol é particularmente sensível a fatores de manejo, como contenção, transporte, desmame, e práticas esportivas, podendo aumentar rapidamente em resposta a esses estímulos. Os níveis basais variam de 10 a 30 ng/mL, podendo ultrapassar 60 ng/mL em situações de estresse agudo (Paes, 2005; Mazieiro et al., 2012; De Mira et al., 2021). A meia-vida do cortisol em bovinos gira em torno de 60 a 90 minutos, o que permite seu uso como um marcador confiável de estresse de curta duração (Palme, 2012; Möstl et al., 2002).

Por fim, embora mecanismos fundamentais do cortisol sejam conservados entre espécies, ruminantes apresentam menor variabilidade circadiana e resposta mais branda a estímulos emocionais em comparação a humanos e suínos (Mallo et al., 2010; Palme et al., 2005). Esses aspectos destacam a importância de abordagens específicas por espécie no uso do cortisol como ferramenta diagnóstica e zootécnica.

2.2 Aspartato Aminotransferase (AST) em Bovinos

A aspartato aminotransferase (AST), também conhecida como transaminase glutâmico oxalacética (TGO), é uma enzima amplamente distribuída nos tecidos animais, com particular predominância no fígado, músculo esquelético, coração e rins. Ela catalisa a transferência do grupo amino do aspartato para o α -cetoglutarato, formando oxaloacetato e glutamato – um processo vital no metabolismo dos aminoácidos e no ciclo de Krebs (Harper et al., 2000; Kaneko et al., 2008).

No contexto bioquímico, a AST existe em duas isoformas: uma citoplasmática e outra mitocondrial. A isoforma mitocondrial é particularmente sensível a danos teciduais, tornando a AST um biomarcador importante de necrose celular. Diferente de outras enzimas hepáticas, como a alanina

aminotransferase (ALT), que é mais específica do fígado em humanos, nos bovinos a ALT tem baixa atividade hepática. Assim, a AST é considerada um indicador mais confiável de lesão hepática e muscular nesta espécie (Pinto et al., 2017; Patino, 2000).

Fisiologicamente, os níveis séricos de AST aumentam em resposta a danos celulares que promovem a liberação da enzima no plasma. Isso inclui miosites, hepatites, necrose hepática, exaustão muscular e intoxicações (Dias, 2011; Santos & Odessa, 2014). Contudo, sua especificidade é limitada, pois a elevação também pode resultar de lesões musculares intensas, como após longas caminhadas, contenções físicas prolongadas ou exercícios extenuantes, muito comuns em sistemas extensivos de produção.

Em bovinos sadios, os valores de referência de AST podem variar entre 60 a 120 U/L, embora esta faixa possa ser influenciada por fatores como idade, sexo, dieta e condição corporal (Santos et al., 2013). Estudos mostram que machos em regime de confinamento ou animais submetidos a dietas de alto grão podem apresentar aumentos moderados da enzima, sem indicativo direto de patologia (Melo, 2020).

Do ponto de vista prático, a AST é rotineiramente avaliada em perfis bioquímicos junto com GGT (gama-glutamil transferase) e CK (creatina quinase) para diferenciação de danos hepáticos versus musculares. Um aumento de AST acompanhado de elevação de CK geralmente aponta para lesão muscular, enquanto a associação com GGT sugere dano hepático (Schmidt et al., 2007).

A mensuração da AST é feita por meio de ensaios espectrofotométricos, com boa reprodutibilidade laboratorial. Entretanto, a interpretação dos resultados deve ser contextualizada com exames clínicos, anamnese e outros parâmetros laboratoriais. A avaliação isolada pode induzir a erros diagnósticos, especialmente em bovinos submetidos a esforço físico recente (Paes, 2005; Oliveira, 2017).

Além disso, estudos indicam que a AST também pode ser afetada por condições metabólicas como cetose e toxemia da prenhez, refletindo o estresse

oxidativo e o comprometimento hepático secundário a distúrbios energéticos (Dias, 2011; Lima, 2013).

2.3 Creatina Quinase (CK) em Bovinos

A creatina quinase (CK), também conhecida como creatina fosfoquinase (CPK), é uma enzima citoplasmática envolvida no metabolismo energético muscular. Sua principal função é catalisar a transferência de um grupo fosfato da fosfocreatina para o ADP, formando ATP e creatina. Esse processo é fundamental para o fornecimento rápido de energia em tecidos de alta demanda metabólica, como o músculo esquelético e cardíaco (González et al., 2000; Harper et al., 2000).

A CK está presente em três isoformas principais: CK-MM (muscular), CK-MB (cardíaca) e CK-BB (cerebral). Em bovinos, predomina a isoforma CK-MM, expressa principalmente no músculo esquelético. Por ser altamente concentrada nesse tecido, lesões musculares de qualquer natureza – como contenção física, injeções intramusculares, transporte, miosite ou mesmo esforço excessivo – promovem elevação sérica significativa da CK (Paes, 2005; Souza, 2019).

Bioquimicamente, a CK é uma das enzimas mais sensíveis para detecção de lesões musculares, apresentando meia-vida plasmática curta, em torno de 2 a 4 horas. Seus níveis podem subir rapidamente após dano celular e retornar ao normal em até 24 a 48 horas, o que a torna um marcador ideal para estresse muscular agudo (Kaneko et al., 2008).

Os valores séricos de referência em bovinos adultos sadios variam entre 100 e 300 U/L, embora possam ultrapassar 5.000 U/L em casos de trauma, miopatias ou contenção prolongada (Matos, 2019). A especificidade da CK é alta para lesão muscular, mas deve ser interpretada com cautela em conjunto com AST, pois ambas aumentam em processos musculares, mas a AST também se eleva em lesões hepáticas (González et al., 2008).

A mensuração da CK é amplamente utilizada em protocolos clínicos de diagnóstico diferencial de síndrome da vaca caída, intoxicações, distúrbios eletrolíticos, miosites, e monitoramento de animais submetidos a exercícios

físicos intensos ou transporte de longa distância. Em estudos realizados em bovinos da raça Nelore, observou-se aumento significativo da CK após contenção em tronco e transporte rodoviário, com correlação direta à duração e intensidade do manejo (Paes, 2005; Tabeleão, 2014).

Em adição ao papel diagnóstico, há crescente interesse na CK como indicador de bem-estar animal, visto que suas elevações refletem não apenas dano físico, mas também situações de estresse comportamental severo, como agressões ou interações sociais agressivas no rebanho (Marchese, 2010).

2.4 Termografia infravermelha

A termografia infravermelha (TIV) é uma técnica de monitoramento não invasivo que utiliza câmeras especiais para medir a radiação térmica emitida pela superfície de objetos e seres vivos. A tecnologia tem sido aplicada com sucesso na avaliação do bem-estar animal, principalmente em bovinos, para monitorar estresse térmico, esforço físico e outras condições fisiológicas (Pacheco, 2019; Trindade, 2017).

2.4.1 Princípios de Funcionamento da Termografia Infravermelha

A termografia infravermelha é baseada na detecção da radiação térmica emitida pelos corpos. Todos os objetos, incluindo animais, emitem radiação infravermelha devido à sua temperatura. A quantidade de radiação emitida está diretamente relacionada à temperatura do objeto, conforme a Lei de Stefan-Boltzmann, que afirma que a radiação emitida por um corpo é proporcional à quarta potência de sua temperatura (Stefan, 1879; Costa et al., 2020).

As câmeras infravermelhas capturam essas radiações emitidas, transformando-as em imagens térmicas, onde as variações de temperatura são representadas por diferentes cores. Normalmente, as cores mais quentes (vermelho e laranja) indicam áreas com maior temperatura, enquanto as mais frias (azul e verde) indicam áreas com menor temperatura (McCafferty, 2007).

Essas imagens térmicas permitem a análise de padrões de distribuição térmica em superfícies corporais, como a pele dos bovinos, ajudando a identificar áreas de inflamação, esforço físico, estresse ou comprometimento do bem-estar (Pandorfi et al., 2012; Cardoso, 2015).

2.4.2 Câmera Infravermelha

Uma câmera infravermelha possui sensores especializados que capturam a radiação térmica (infravermelha) emitida pela superfície de objetos. A câmera converte essa radiação em um sinal elétrico que é processado e exibido como uma imagem térmica. As câmeras modernas podem detectar radiações de 0,7 μm a 14 μm de comprimento de onda, abrangendo a faixa de radiação térmica de corpos com temperaturas entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Kastberger et al., 2010; Salles et al., 2022).

Essas câmeras possuem sensores chamados de detector de radiação infravermelha, que convertem a radiação térmica em sinais elétricos, processados por um microprocessador para gerar a imagem termográfica. A precisão depende da resolução do sensor, distância do objeto e calibração correta, que são fatores críticos no contexto veterinário (McManus et al., 2016).

2.4.3 Avaliação de Esforço Físico e em manejos de bovinos

A TIV tem se mostrado altamente eficaz na avaliação do esforço físico em bovinos, especialmente após atividades que envolvem transporte, contenção ou manejo físico intensivo. A técnica permite a detecção de áreas quentes, como no úbere e nas pernas, indicativas de aumento da temperatura devido ao esforço muscular ou estresse (Sturion et al., 2020; Paes et al., 2005). O aumento da temperatura ocular, por exemplo, é uma indicação precoce de aumento da atividade metabólica associada ao estresse físico ou emocional (Trindade, 2017; Stewart et al., 2007).

2.4.4 Bem-estar e Conforto Térmico

A termografia infravermelha tem sido amplamente aplicada na avaliação de conforto térmico em bovinos, especialmente em situações de estresse

térmico. Bovinos sujeitos a altas temperaturas ambientes apresentam aumento da temperatura da pele, particularmente na região das orelhas e face, que são áreas mais sensíveis à radiação térmica (Almeida et al., 2018). A TIV pode ser usada para identificar animais submetidos a desconforto térmico, permitindo a correção de ambientes ou a adoção de medidas de manejo para melhorar o conforto dos animais.

Estudos com vacas leiteiras demonstraram que a TIV é útil para detectar sinais de estresse térmico e prever problemas associados ao declínio na produção de leite, além de ser um indicador valioso da saúde dos animais (Montanholi et al., 2008; Lima, 2014).

2.4.5 Vantagens e Limitações da Técnica

A principal vantagem da termografia é ser não invasiva e rápida, permitindo a avaliação de um grande número de animais sem causar estresse adicional. Ela pode ser realizada em condições de campo, sem a necessidade de contenção ou manipulação excessiva dos animais (Daltro, 2014).

Entretanto, a precisão da técnica depende de diversos fatores externos, como umidade, temperatura ambiente, iluminação e interferências de objetos próximos. O uso de calor residual (como o calor de fezes ou urina) também pode alterar a precisão das medições, exigindo que as câmeras infravermelhas sejam calibradas corretamente e que os pesquisadores estejam cientes dessas variáveis (Turner, 2001).

3.MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em conformidade com os preceitos éticos estabelecidos para o uso de animais em atividades de pesquisa científica. O projeto foi previamente avaliado e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Sociedade Cultural e Educacional de Garça – Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral (FAEF), estando registrado sob o protocolo nº 018/2023. A aprovação foi concedida durante a reunião da CEUA/FAEF realizada em 19 de junho de 2023, assegurando que todos os procedimentos atenderam às normativas vigentes de bem-estar animal.

Foram utilizados 30 bovinos machos, de raça nelore ou cruzamento de nelore, com peso médio de 200kg, com idade entre 12 e 24 meses, participantes das provas de modalidade de laço em dupla realizadas no parque de exposição de Araçatuba – SP. Os animais foram avaliados pela comissão da ABQM e pela inspeção de médicos veterinários, os quais asseguraram que os animais estavam em bom escore corporal, fisicamente e clinicamente aptos a participarem do evento.

Os animais foram identificados com números de um a 30 e alocados aleatoriamente em dois grupos de 15 animais. Sendo um grupo controle e um grupo teste, que foram submetidos ao esforço (prova). Antes de serem alocados no recinto onde são realizadas as provas, os animais ficam alojados em uma fazenda próximo ao local, no qual ficam a pasto como mostra a figura 1. Os animais foram transportados para o para o parque de exposição, seis horas antes da competição, por meio de transporte viário (caminhão coletivo), em um trajeto de 46 quilômetros de via pavimentada.

Figura 1: Bovinos a pasto no alojamento.



Todos os bovinos passaram pela ambientação do local da prova, onde se familiarizaram com todos os locais por onde passariam no evento. Todos os animais avaliados eram condicionados à prova à qual foram submetidos através de treinamentos ocorridos na propriedade de origem. No recinto da prova, os animais ficaram alojados em currais coletivos com 2,5 m² por animal, água à vontade e eram alimentados com silagem de milho e feno de tifton *ad libitum* (figura 2.) Os animais foram conduzidos de maneira individual no tronco coletivo para evitar acidentes e foram submetidos ao esforço três vezes para mimetizar o máximo permitido no regulamento (ABQM, 2020). Os laços utilizados nas laçadas de pé foram retirados imediatamente após sua participação, no brete de contenção conforme descrito no regulamento (ABQM, 2020).

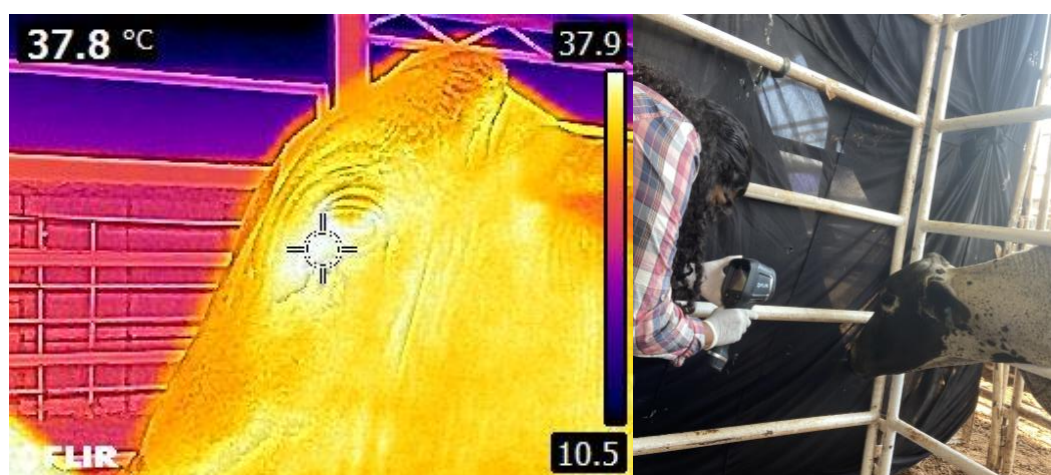
Os bovinos foram avaliados individualmente em bretes de contenção sem o auxílio de cordas, arreios e demais utensílios, antes e após a prova de laço. Os animais do grupo controle não participaram da prova, ficando no alojamento durante todo o período das avaliações. Foi mensurada a temperatura da

carúncula lacrimal (figura 3), coluna cervical, membro pélvico esquerdo com termógrafo infravermelho calibrado e certificado (Flir E4 Wifi, FLIR Systems AB, Suécia) e as imagens foram analisadas através do programa FLIR ONE, Também foi mensurada a temperatura ambiente e umidade relativa do ar com um termo-higrômetro (Thermo-Hygrometer #7666.02.0.00, Incoterm Indústria de Termo-meters LTDA, Brazil), com a finalidade de se obter maior confiabilidade nos dados coletados através da termografia.

Figura 2: Animais alojados nos currais no parque de exposição de Araçatuba-SP



Figura 3: Termografia da carúncula lacrimal



Foi realizado a anti-sepsia da. Região coccígea, previamente antes de todas a coletas com álcool 70ºe auxílio de gaze. Realizou-se a coleta de sangue de todos os animais, na fazenda de alojamento, antes da prova e imediatamente após a prova. As amostras de sangue foram coletadas em tubos de sem anticoagulante de 10ml, com sistema fechado com agulha de calibre 25x07 na região coccígea,e (figura 4). Por se tratar de um local de fácil acesso e contenção segura, essa técnica é amplamente utilizada na prática zootécnica e clínica. No entanto, não foi realizado controle específico para garantir a origem exclusivamente venosa ou arterial da amostra, o que implica que o sangue coletado pode representar uma mistura de sangue venoso e arterial. Estudos prévios indicam que, para os analitos avaliados (como cortisol, AST e CPK), essa possível mistura não compromete a interpretação clínica, pois as variações entre compartimentos arteriais e venosos são mínimas e não significativas (Taylor, 1989; Shawaf et al., 2018; Kim, 2013).

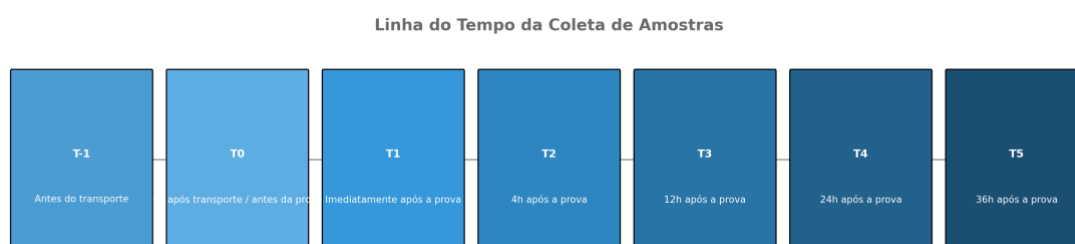
Figura 4: Coleta sangue pela via coccígea



Após a separação do soro através da centrifugação (As amostras foram centrifugadas a aproximadamente $1.577 \times g$ (3.500 RPM) por 5 minutos, utilizando centrífuga de bancada modelo 80-2B com rotor fixo a 45°) as alíquotas foram armazenadas em tubo do tipo eppendorf e conservadas refrigeradas em 4° para posterior análise das enzimas musculares CK, AST e cortisol. As amostras foram coletadas nos seguintes tempos; antes do transporte (t-1) após seis horas do transporte e antes da prova (T0), imediatamente após a prova (T1), após quatro horas (T2) após 12 horas (T3), após 24h (T4) e após 36 horas (T5) (figura 5).

A dosagem do cortisol sérico foi realizada por meio do método de radioimunoensaio, técnica altamente sensível e específica para a quantificação de hormônios esteroides em amostras biológicas. As concentrações séricas das enzimas e AST CPK foram determinadas por método enzimático, utilizando o analisador bioquímico semiautomático BIO2000, de acordo com as recomendações do fabricante e os parâmetros estabelecidos para análise clínica.

Figura 5: Linha do tempo dos tempos de coleta



4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

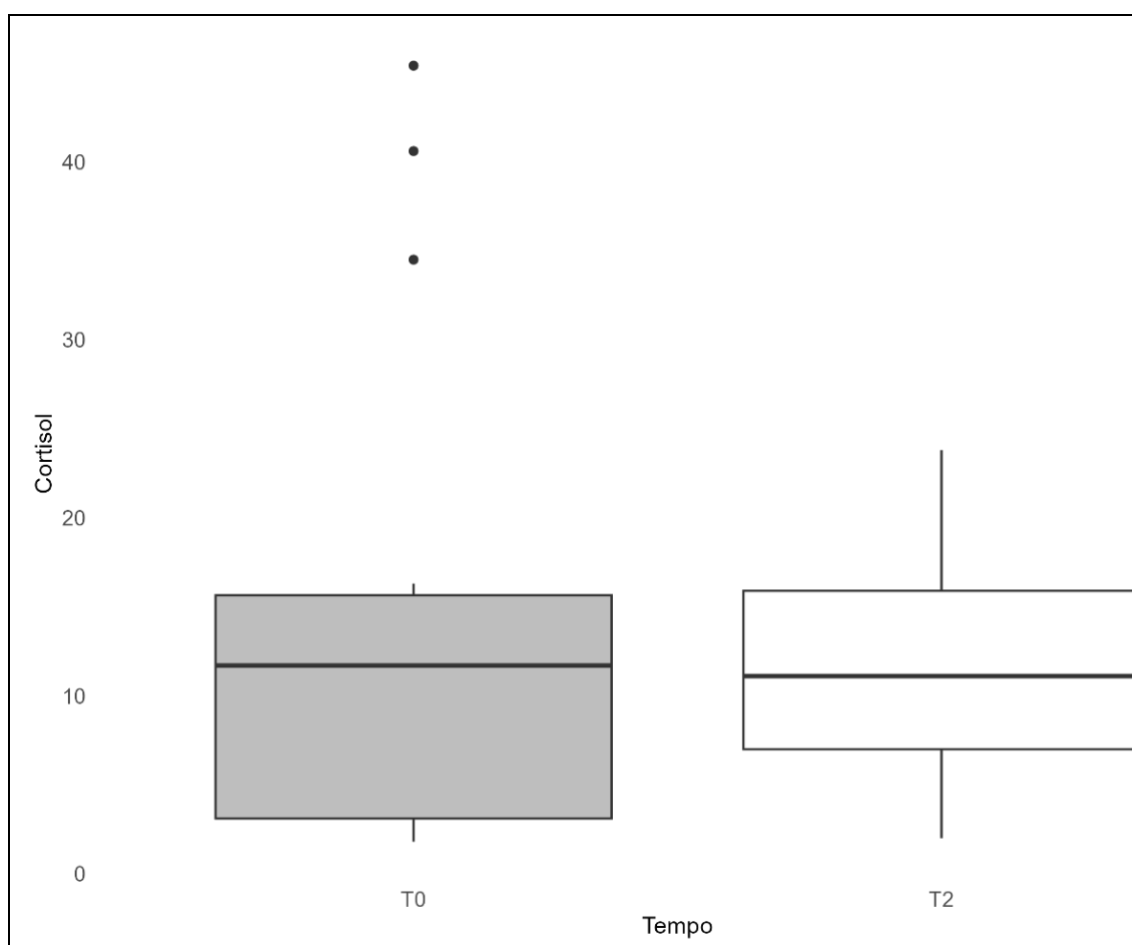
Comparação das concentrações de cortisol entre os grupos controle e teste nos momentos T0 e T2 revelou ausência de diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$), sugerindo similaridade nas respostas entre os grupos em ambas as condições. A escolha dos testes estatísticos foi fundamentada nos resultados prévios de normalidade: o teste t foi aplicado para T2 devido à normalidade dos dados, enquanto o teste de Wilcoxon foi utilizado nos demais momentos pela não normalidade detectada. No grupo controle, a análise temporal entre T0 e T2 não indicou variações significativas ($p = 0,93$), reforçada pela aplicação do teste de Wilcoxon. Para o grupo teste, a ANOVA não revelou diferenças estatísticas entre T0, T1 e T2 ($p = 0,52$), sugerindo uma estabilidade dos níveis de cortisol ao longo do tempo.

Tabela 1: Comparação dos valores séricos de cortisol entre o grupo controle e teste.

Variável/Comparação	Estatística	Valor de p	Resultado
Cortisol			
Grupo Controle x Grupo Teste			
T0 ^w	89,00	0,34	Não há diferença entre os grupos
T2 ^t	-1,91	0,07	Não há diferença entre os grupos
Grupo Controle			
T0 x T2 ^w	62,00	0,93	Não há diferença entre os tempos
Grupo Teste			
T0 x T1 x T2 ^A	0,66	0,52	Não há diferença entre os tempos

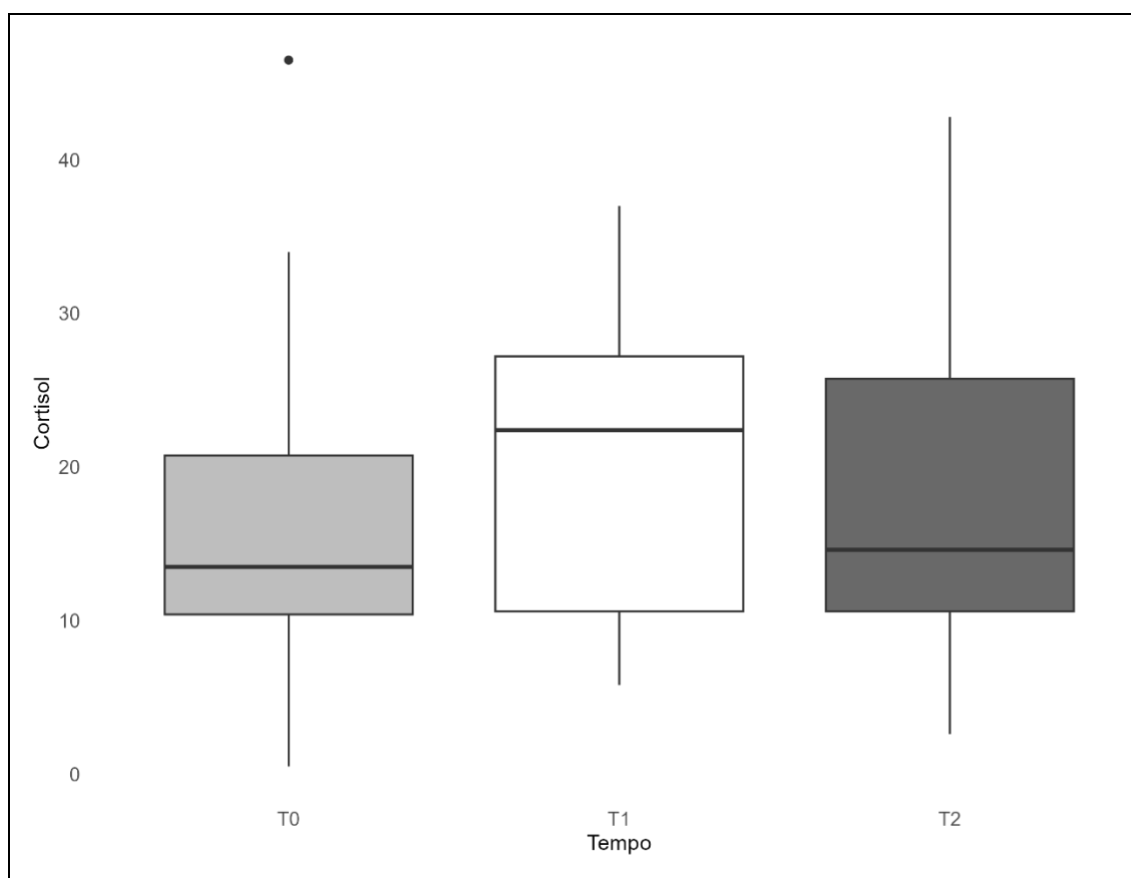
A tabela 2 apresenta os níveis de cortisol no grupo controle nos momentos T0 e T2, evidenciando uma distribuição homogênea entre esses tempos. As medianas permanecem próximas, com leve dispersão dos valores e a presença de alguns outliers em T0. A estabilidade das medianas e a ausência de variações significativas indicam que o grupo controle mantém níveis consistentes de cortisol ao longo do tempo analisado, sem flutuações notáveis entre os momentos.

Tabela 2: Distribuição dos níveis séricos de cortisol entre o tempo T0 e T2 no grupo controle



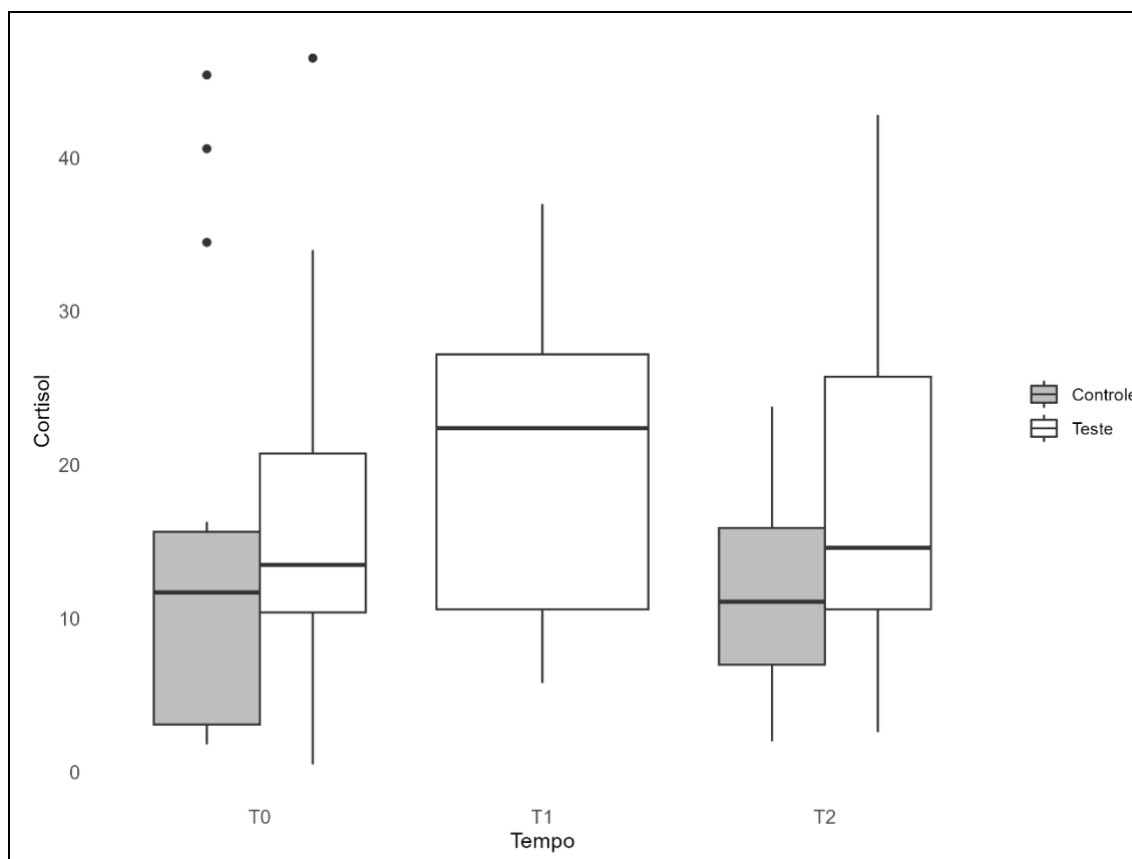
A tabela 3 exibe variação nos níveis de cortisol do grupo teste nos tempos T0, T1 e T2. As medianas mantiveram-se estáveis ao longo dos momentos, indicando ausência de variação significativa. Observa-se leve aumento na variabilidade em T1 e presença de um outlier em T0, sugerindo resposta hormonal uniforme frente ao estímulo físico.

Tabela 3: Distribuição dos níveis séricos de cortisol no grupo teste nos momentos T0, T1 e T2



A tabela 4 exibe a comparação dos níveis de cortisol entre os grupos controle e teste nos tempos T0, T1 e T2. Observa-se maior dispersão no grupo teste em T0 e T2, com valores extremos, enquanto o grupo controle manteve distribuição mais uniforme. O grupo teste apresentou sua maior variabilidade em T1, sugerindo resposta fisiológica mais heterogênea. As medianas permaneceram estáveis entre os grupos e momentos, sem diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 4: Distribuições dos níveis séricos de cortisol entre grupo controle e teste nos momentos T0, T1 e T2



A análise dos dados revelou diferentes respostas fisiológicas entre os grupos controle e teste após a prova de laço em dupla. No que se refere ao cortisol, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos nos momentos T0 e T2 (Tabela 1), tampouco ao longo do tempo no grupo controle (Tabela 2) e grupo teste (Tabela 3). A análise entre grupos também não demonstrou mudanças relevantes nas medianas entre T0, T1 e T2 (Tabela 4). Contudo, notou-se uma tendência leve de elevação no grupo teste após o esforço, contrastando com a estabilidade no grupo controle, o que pode indicar uma resposta fisiológica adaptativa ao estresse. Essa resposta discreta corrobora achados de Sierra (2019), Van Reenen (2013) e Félix et al. (2023), que destacam a influência de fatores como transporte e ambientação na

secreção de cortisol, ainda que nem sempre com alteração estatisticamente significativa.

Este achado está em consonância com Sierra (2019), que descreve o cortisol como um marcador sensível, porém influenciado por múltiplos fatores ambientais e individuais, como transporte, contenção e reagrupamento. Além disso, a ausência de alterações significativas ($p < 0,05$) pode refletir uma rápida adaptação dos animais ao ambiente ou uma dessensibilização do eixo HHA frente a estímulos repetitivos, conforme apontado por Van Reenen (2013).

Félix et al. (2023), ao estudarem bezerros durante o transporte, também encontraram elevações sutis de cortisol salivar e variações térmicas orbitais detectadas por termografia, reforçando que o estresse agudo pode não gerar alterações marcantes, mas perceptíveis quando analisadas em conjunto com outros marcadores. Já Geburt (2015) e Geraldo et al. (2015) enfatizam a importância de considerar variabilidade individual, ritmo circadiano e ambiente no comportamento desse hormônio, o que pode explicar a estabilidade observada no presente estudo.

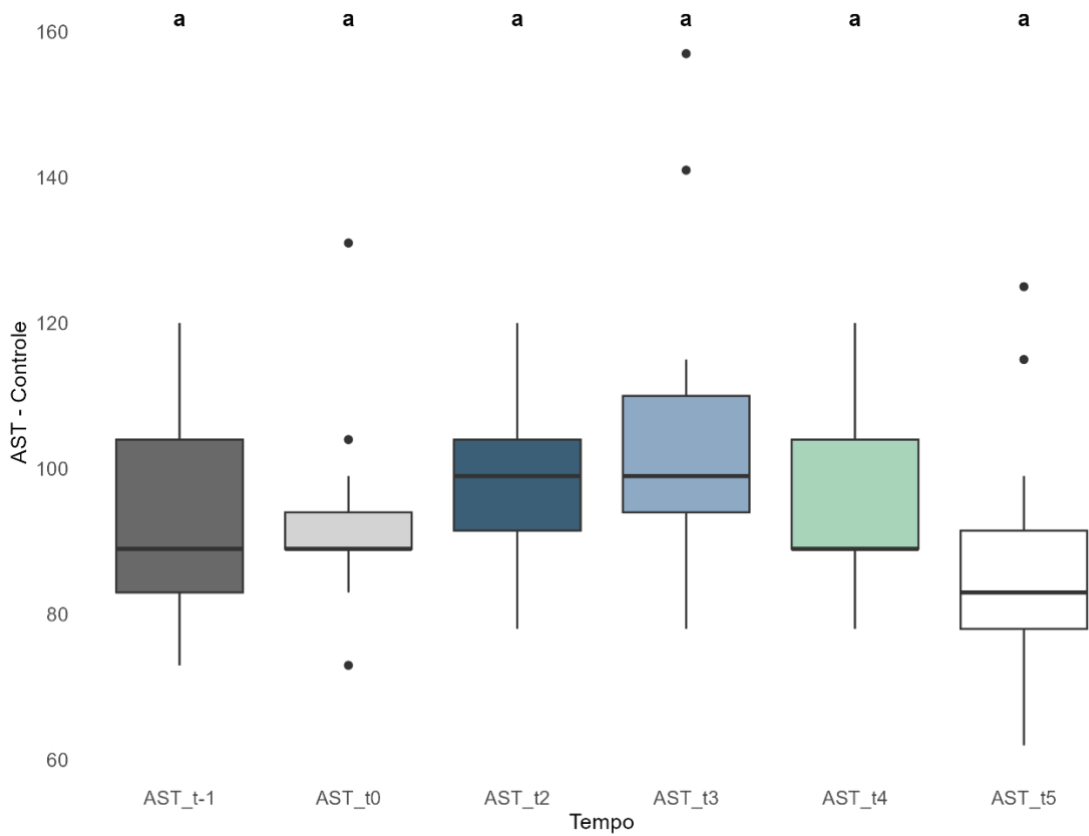
Comparação dos níveis séricos de AST entre os grupos controle e teste nos tempos T0 a T5. Diferenças estatisticamente significativas foram observadas nos momentos T0 ($p = 0,01$) e T2 ($p = 0,02$), indicando influência das condições experimentais sobre a atividade da enzima. Nos demais tempos, os grupos apresentaram níveis convergentes. A análise intra-grupo (teste de Friedman) revelou variações significativas ao longo do tempo em ambos os grupos ($p < 0,01$), confirmando a sensibilidade da AST a alterações fisiológicas temporais.

Tabela 5: Comparação dos níveis séricos de AST entre o grupo controle e teste.

Variável/Comparação	Estatística	Valor de p	Resultado
AST			
Grupo Controle x Grupo Teste			
T-1 ^w	81,50	0,20	Não há diferença entre os grupos
T0 ^w	50,50	0,01	Há diferença entre os grupos
T2 ^w	56,50	0,02	Há diferença entre os grupos
T3 ^w	81,50	0,20	Não há diferença entre os grupos
T4 ^w	85,00	0,26	Não há diferença entre os grupos
T5 ^w	74,50	0,12	Não há diferença entre os grupos
Grupo Controle			
T-1 x T0 x T2 x T3 x T4 x T5 ^F	19,77	0,00	Há diferença entre os tempos
Grupo Teste			
T-1 x T0 x T1 x T2 x T3 x T4 x T5 ^F	34,57	0,00	Há diferença entre os tempos

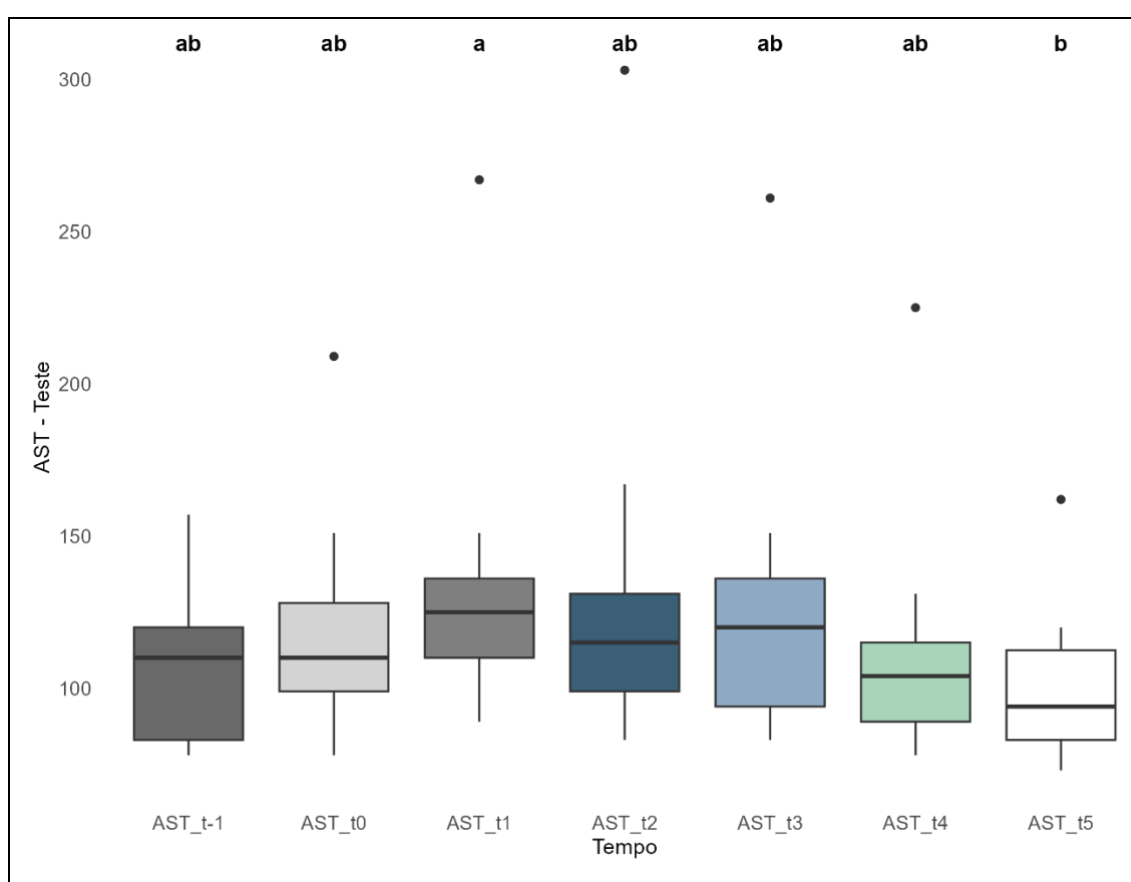
Análise temporal dos níveis de AST no grupo controle. O teste de Friedman indicou diferenças significativas ao longo dos tempos ($p < 0,01$), demonstrando variabilidade intra-grupo. No entanto, as comparações post-hoc pareadas não mostraram significância estatística após correção para múltiplos testes, sugerindo que as tendências observadas podem estar associadas à variabilidade amostral.

Tabela 6: Comparação dos níveis séricos de AST no grupo controle, entre os tempos.



A tabela 7 mostra a distribuição dos níveis de AST no grupo teste ao longo dos momentos T-1, T0, T1, T2, T3, T4 e T5. Observa-se que as medianas apresentam pequenas variações entre os momentos, com momentos específicos (T1 e T5), indicando diferenças estatisticamente significativas nesses tempos. A variabilidade dos dados é evidente, especialmente em T1 e T5.

Tabela 7: Comparação dos níveis séricos de AST no grupo teste, entre os tempos.



Para a enzima AST, os resultados indicaram elevações estatisticamente significativas no grupo teste em T0 e T2 em comparação ao grupo controle (Tabela 5). As análises intragrupo também revelaram diferença significativa ao longo dos tempos tanto para o grupo controle (Tabela 6) quanto para o grupo teste (Tabela 7), sugerindo variações dinâmicas dessa enzima em resposta ao esforço. Essa resposta é compatível com os achados de Cardinet (1967), que

apontam um pico tardio da AST entre 24 e 36 horas após lesão muscular, e com estudos contemporâneos que a descrevem como marcador sensível de lesões musculares subagudas em bovinos (Santos, 2024) e cavalos (Tharwat & Al-Sobayil, 2014).

Esses achados são compatíveis com uma resposta a lesão muscular de início recente, considerando que a AST possui uma elevação mais lenta e sustentada quando comparada à CK, atingindo seu pico entre 24 e 36 horas após o estímulo (Cardinet, 1967; Thrall, 2014). A elevação da AST pode ser interpretada como indicativa de dano muscular secundário ao esforço físico intenso, mas também pode refletir alterações hepáticas transitórias — especialmente em situações de alta exigência metabólica — reforçando a importância da análise conjunta com a CK.

Santos (2024), ao avaliar touros atletas em treinamento físico, relatou padrão semelhante de resposta: AST elevada de forma mais prolongada do que a CK, indicando persistência de atividade inflamatória ou regenerativa. Esses dados complementam os achados do presente estudo e indicam que a AST pode ser uma ferramenta útil para o monitoramento subagudo da integridade muscular.

Os resultados apresentados para a variável CK (creatinofosfoquinase) indicam diferentes padrões entre os grupos Controle e Teste em determinados momentos. Comparações específicas entre os grupos mostram que nos momentos T0 e T2 houve diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$), sugerindo respostas distintas para essas condições. Já nos momentos T-1, T3, T4 e T5, não foram observadas diferenças significativas, com valores de p superiores a 0,05, indicando resultados similares entre os grupos nestes tempos.

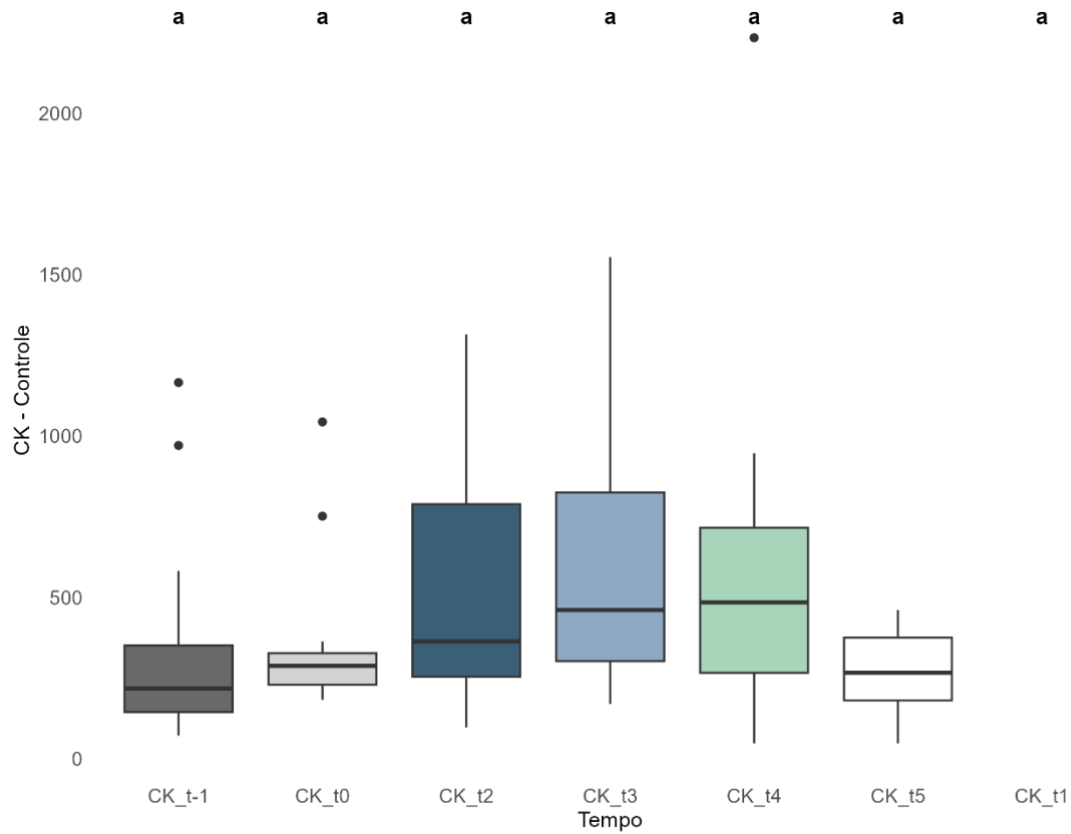
Além disso, análises intragrupo revelam que tanto no grupo Controle quanto no grupo Teste houve variações significativas ao longo dos tempos avaliados (Friedman: $p = 0,01$ e $p < 0,001$, respectivamente). Esses achados reforçam que o comportamento da CK é dinâmico ao longo do experimento e pode estar relacionado às condições ou características específicas de cada grupo.

Tabela 08: Comparação dos níveis séricos de CK entre o grupo controle e teste.

Variável/Comparação	Estatística	Valor de p	Resultado
CK			
Grupo Controle x Grupo Teste			
T-1 ^w	111,50	0,98	Não há diferença entre os grupos
T0 ^w	30,50	0,00	Há diferença entre os grupos
T2 ^w	56,00	0,02	Há diferença entre os grupos
T3 ^w	107,00	0,84	Não há diferença entre os grupos
T4 ^w	97,50	0,55	Não há diferença entre os grupos
T5 ^w	84,00	0,24	Não há diferença entre os grupos
Grupo Controle			
T-1 x T0 x T2 x T3 x T4 x T5 ^F	15,76	0,01	Há diferença entre os tempos
Grupo Teste			
T-1 x T0 x T1 X T2 x T3 x T4 x T5 ^F	39,67	0,00	Há diferença entre os tempos

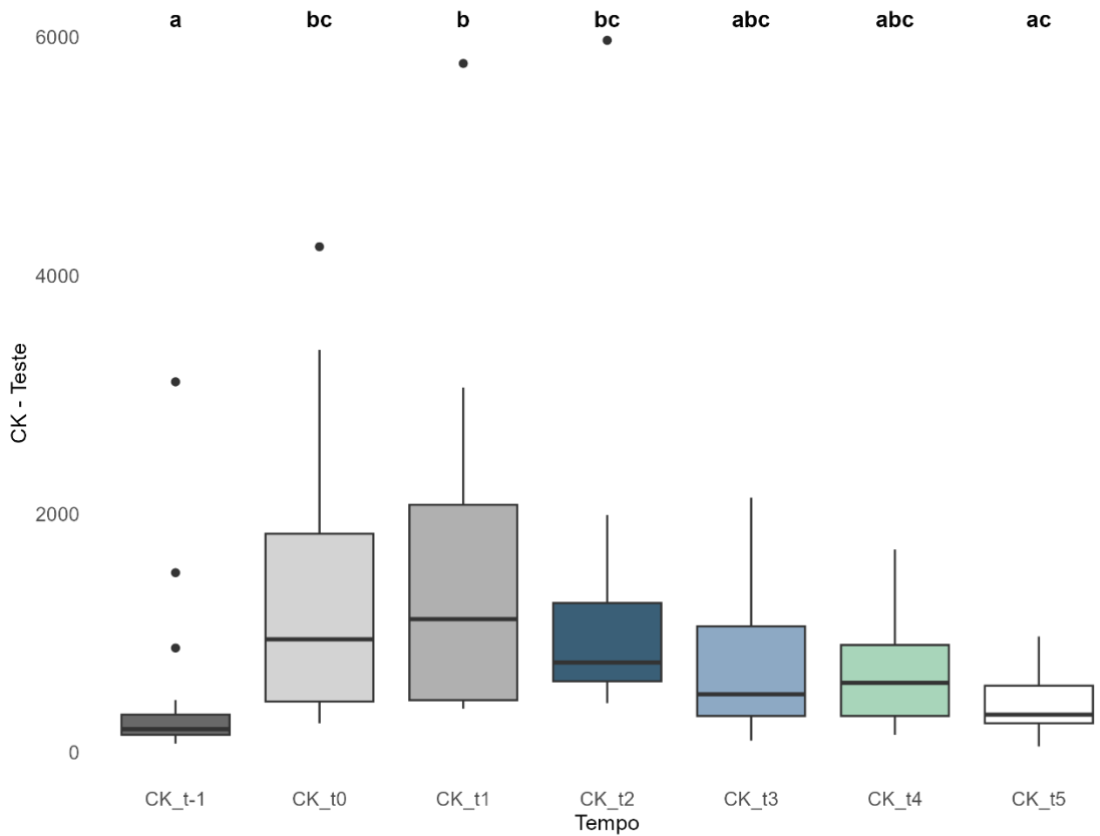
O gráfico do grupo controle para CK demonstra variabilidade entre os momentos, com maior dispersão observada em t2, t3 e t4.

Tabela 09: Comparação dos níveis séricos de CK no grupo controle, entre os tempos



Os resultados do teste de Friedman demonstram diferenças estatisticamente significativas nos níveis de CK ao longo do tempo para o grupo teste. Essas diferenças indicam variações pontuais na resposta ao longo do período analisado, sugerindo mudanças fisiológicas ou metabólicas específicas.

Tabela 10: Comparação dos níveis séricos de CK no grupo teste, entre os tempos.



Médias e desvios-padrão (entre parênteses) dos níveis séricos das enzimas CK, AST e do hormônio cortisol nos diferentes tempos experimentais (T-18 a T5). Os dados evidenciam variações dinâmicas, com pico de CK em T1 e elevação gradual de AST até T3. O cortisol foi avaliado apenas nos tempos T0 a T2, com discreta elevação em T1.

Tabela 11: Média e desvio-padrão das enzimas.

Tempos	Enzimas		
	CK	AST	Cortisol
t-18	423.6 (615.3)	101.2 (22.4)	-
t0	880.4 (1025.5)	104.7 (27.9)	15.6 (12.9)
t1	1544.3 (1464.3)	132.3 (40.7)	21.3 (10.5)
t2	918.6 (1064.2)	112.3 (40.5)	14.8 (9.8)
t3	636.7 (482.3)	114.3 (35.2)	-
t4	652.6 (502.7)	103.1 (27.4)	-
t5	346.0 (241.0)	94.2 (20.1)	-

A enzima CK, por sua vez, apresentou elevação significativa no grupo teste nos tempos T0 e T2 em relação ao controle (Tabela 8), com variações ao longo do tempo nos dois grupos: controle (Tabela 9) e teste (Tabela 10). Esse comportamento é típico de lesões musculares recentes e transitórias, dado que a CK possui meia-vida curta (cerca de 2 horas), respondendo rapidamente a microlesões musculares (Aktas, 1993; Escalera-Valente et al., 2021). A ausência de elevação no grupo controle pode ser atribuída ao maior tempo entre o transporte e a coleta, permitindo declínio fisiológico da enzima na circulação.

A Tabela 11 resume os valores médios e desvios-padrão das enzimas CK, AST e cortisol nos diferentes momentos, permitindo observar o padrão temporal das alterações fisiológicas. Observa-se que o pico de CK ocorre em T1, com retorno próximo ao basal em T5; a AST mantém-se elevada até T3; e o cortisol exibe variação leve, com discreto aumento em T1.

A elevação de CK em T0 seguida de redução até T5 indica que o esforço imposto pelo transporte e pela prova foi suficiente para provocar microdanos musculares, mas que o organismo foi capaz de iniciar rapidamente os processos

de reparo e compensação. Esses resultados corroboram o uso da CK como um marcador agudo de estresse físico e lesão muscular subclínica, como indicado por Sierra (2019) e Harris & Mayhew (1998).

Os achados de Santos (2024) também descrevem elevação acentuada de CK em touros após exercício, com retorno ao basal em 36h, reforçando que bovinos treinados são capazes de responder e se recuperar de forma fisiologicamente eficiente a estímulos físicos intensos.

A creatina quinase (CK) mostrou-se o marcador mais responsivo ao estresse físico, com picos imediatamente após a prova (T0), retornando ao basal até T5. Este comportamento também foi observado por Santos (2024) em touros atletas e por Cônsolo et al. (2018) em novilhas submetidas a manejo intensivo, sugerindo que a elevação transitória de CK representa respostas fisiológicas adaptativas, e não patológicas.

A AST, por sua vez, exibiu elevação mais tardia e sustentada, alcançando valores elevados até T3. Por possuir meia-vida mais longa e estar presente também em tecidos hepáticos, sua elevação pode refletir não apenas lesão muscular, mas também ativação hepática secundária à demanda metabólica do exercício (Geburt, 2015; Trindade, 2017). A combinação entre CK e AST é frequentemente recomendada para diferenciação entre lesão aguda (CK) e processo reparativo ou inflamatório (AST) (Carvalho, 2024).

Tais achados reforçam o papel desses marcadores na triagem precoce e no monitoramento da recuperação fisiológica pós-exercício em bovinos utilizados em provas esportivas ou manejo intensivo.

De forma análoga, Santos (2024) observou em humanos atletas que a resposta aguda da CK pós-esforço se normaliza em até 48 horas, enquanto a AST persiste por mais tempo o que sugere comportamento enzimático similar ao observado em bovinos do presente estudo.

4.4 TERMOGRAFIA

Na temperatura ambiente, observa-se que no grupo controle há variações moderadas ao longo do tempo, enquanto no grupo teste há uma queda significativa em t_0 , seguida por uma elevação progressiva até t_2 e uma nova oscilação nos momentos subsequentes. Essa dinâmica sugere que as condições ambientais podem ter influenciado de maneira distinta os grupos analisados. A temperatura AO (ambiente operacional) apresenta estabilidade relativa, porém com uma redução em t_0 no grupo teste, o que pode refletir um ajuste térmico nesse período. No grupo controle, os valores permanecem mais homogêneos, com um leve incremento nos momentos finais.

A temperatura MP (membro posterior) apresenta diferenças mais evidentes, especialmente no grupo teste, onde há uma redução em t_0 seguida por uma recuperação nos momentos seguintes. No grupo controle, essa temperatura mostra um padrão de flutuação mais suave, com uma leve elevação em t_2 e t_4 . No que se refere à temperatura do pescoço, nota-se um comportamento semelhante, com o grupo teste apresentando uma redução em t_0 e uma recuperação subsequente. O grupo controle, por outro lado, mantém maior estabilidade, com um incremento gradual nos últimos momentos.

A umidade apresenta padrões distintos entre os grupos. No grupo controle, há uma queda abrupta em t_0 , seguida por oscilações, enquanto no grupo teste, os valores permanecem mais elevados na maior parte do tempo, mas sem um padrão uniforme de variação. As diferenças observadas indicam que fatores externos podem ter desempenhado um papel na regulação da umidade ao longo do experimento.

As letras associadas aos valores revelam diferenças estatisticamente significativas entre determinados momentos, reforçando que as alterações observadas não são aleatórias, mas refletem padrões específicos de resposta térmica e ambiental nos grupos controle e teste. Esses achados sugerem a existência de mecanismos compensatórios diferenciados entre os grupos e destacam a necessidade de uma análise mais aprofundada para compreender a influência das variáveis ambientais nas respostas fisiológicas avaliadas.

Tabela 14 Variações térmicas e ambientais ao longo do tempo: uma análise comparativa entre grupos controle e teste.¹

Momento	Temp. Ambiente		Temp. AO		Temp. MP		Temp. Pescoço		Umidade	
	Controle	Teste	Controle	Teste	Controle	Teste	Controle	Teste	Controle	Teste
t-1	25.58 ± 0.43 ^a	27.33 ± 1.11 ^{abc}	37.00 ± 1.34 ^{ac}	37.75 ± 0.78 ^{abc}	32.32 ± 1.48 ^{ab}	34.15 ± 0.75 ^{abc}	35.74 ± 1.00 ^{ab}	37.30 ± 0.68 ^{ab}	72.27 ± 1.16 ^a	64.27 ± 3.45 ^a
t0	31.93 ± 2.30 ^{bc}	23.29 ± 0.85 ^d	36.35 ± 1.04 ^{abc}	35.55 ± 0.85 ^d	33.27 ± 1.26 ^{ab}	29.93 ± 1.69 ^d	35.70 ± 1.11 ^{ab}	35.05 ± 1.20 ^c	50.40 ± 4.05 ^{bc}	65.13 ± 2.42 ^a
t1	NA	33.73 ± 0.77 ^{ad}	NA	36.63 ± 0.78 ^{cd}	NA	33.73 ± 0.74 ^{bd}	NA	36.16 ± 0.67 ^{cd}	NA	62.00 ± 1.41 ^{ac}
t2	31.99 ± 0.89 ^{bc}	33.01 ± 0.29 ^e	37.65 ± 1.10 ^{ab}	37.63 ± 1.10 ^{abc}	35.93 ± 0.98 ^c	36.14 ± 1.42 ^a	38.11 ± 0.74 ^c	37.49 ± 0.96 ^{ab}	48.40 ± 2.47 ^{bc}	45.60 ± 1.45 ^b
t3	24.35 ± 0.64 ^a	26.51 ± 1.18 ^{abd}	35.45 ± 2.99 ^c	37.96 ± 0.78 ^{ab}	30.51 ± 1.74 ^a	34.41 ± 1.32 ^{abc}	35.05 ± 0.60 ^a	37.02 ± 0.57 ^{abd}	66.20 ± 1.21 ^{ad}	61.27 ± 2.84 ^{acd}
t4	34.62 ± 0.94 ^b	30.31 ± 2.84 ^{ce}	38.11 ± 1.09 ^b	36.80 ± 1.13 ^{bcd}	35.71 ± 1.24 ^c	33.91 ± 1.15 ^{bc}	37.18 ± 1.15 ^{bc}	36.40 ± 0.53 ^{bcd}	45.80 ± 3.28 ^b	57.40 ± 3.00 ^{bcd}
t5	26.66 ± 0.59 ^{ac}	28.49 ± 1.07 ^{bce}	37.21 ± 1.37 ^{abc}	38.65 ± 0.94 ^a	34.22 ± 1.34 ^{bc}	35.85 ± 1.44 ^{ac}	36.44 ± 1.00 ^b	37.87 ± 0.85 ^a	57.33 ± 1.18 ^{cd}	55.07 ± 2.37 ^{bd}

A **Error! Reference source not found.**4 apresenta a evolução das variáveis ambientais e fisiológicas ao longo dos momentos analisados, diferenciando os grupos controle e teste. Os valores médios são acompanhados pelo desvio padrão, e as letras indicam a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os momentos, conforme a análise de comparações múltiplas.

¹ Os valores apresentados correspondem à média ± desvio padrão das variáveis analisadas em cada momento experimental para os grupos controle e teste. As letras sobrescritas indicam diferenças estatisticamente significativas entre os momentos dentro de cada grupo, analisadas separadamente para cada coluna. Momentos que compartilham pelo menos uma letra na mesma coluna não apresentam diferenças significativas entre si, enquanto aqueles com letras distintas diferem estatisticamente ($p < 0,05$), conforme determinado por testes post-hoc com correção para comparações múltiplas.

Figura 6:Correlação

A figura. 6 apresenta matrizes de correlação para diferentes momentos temporais, analisando as relações entre temperatura ambiente, temperatura do pescoço, temperatura da área de observação e umidade. De maneira geral, observa-se uma relação inversa marcante entre umidade e temperatura ambiente em todos os períodos analisados, sendo essa correlação particularmente intensa em determinados momentos, como em t-1 e t5, onde atinge valores inferiores a -0,90. Esse padrão sugere uma dinâmica na qual o aumento da umidade está associado à redução da temperatura do ambiente, uma relação frequentemente observada em estudos de climatização e termorregulação.

Além disso, verifica-se uma correlação positiva entre as temperaturas da pele e a temperatura ambiente, evidenciando que variações na temperatura do ambiente refletem-se diretamente na temperatura corporal. A força dessa correlação, contudo, não é constante ao longo do tempo, sendo mais pronunciada em determinados períodos, como em t3, onde a relação entre temperatura ambiente e temperatura da área de observação alcança 0,78, e menos expressiva em momentos como t1, em que essa mesma relação se reduz para 0,22. Esse comportamento pode indicar a influência de fatores adicionais que modulam a resposta térmica do organismo ou a dinâmica ambiental.

Outro aspecto relevante é a correlação entre a temperatura do pescoço e a temperatura da área de observação, que se mantém em níveis moderados a elevados ao longo do tempo, reforçando a ideia de que essas variáveis compartilham um padrão de variação conjunta. Essa constatação sugere que ambas as regiões do corpo respondem de maneira semelhante a mudanças térmicas, o que pode ser relevante para investigações sobre a distribuição de temperatura em organismos vivos

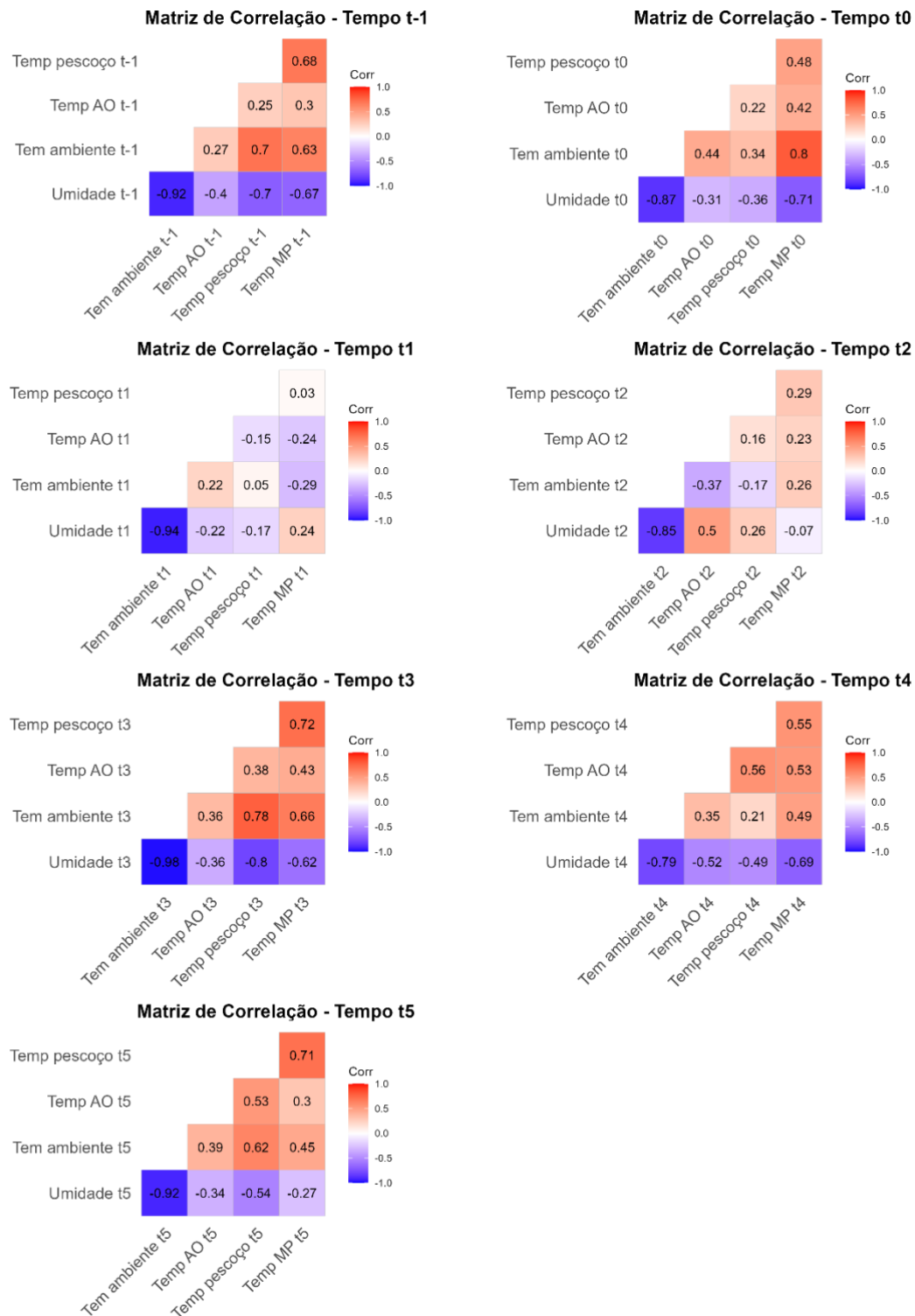


Figura 6- Matriz de correlação entre variáveis térmicas e umidade ao longo do tempo, evidenciando a relação inversa entre temperatura ambiente e umidade, além da correlação positiva entre temperaturas corporais e ambiente.

A avaliação por termografia infravermelha (IRT) (Tabela 14) revelou alterações térmicas significativas, especialmente nas regiões do pescoço e membros posteriores no grupo teste. Após uma queda em T0, verificou-se elevação gradual até T2–T3, seguida de estabilização. A umidade e temperatura ambiente também variaram de forma distinta entre os grupos. Essas oscilações indicam mecanismos compensatórios térmicos relacionados ao aumento do fluxo sanguíneo periférico e processos inflamatórios locais, como descrito por Schaefer et al. (2012) e Gloster et al. (2011). A figura 6 complementa essa análise ao demonstrar uma correlação inversa entre temperatura ambiente e umidade, e uma correlação positiva entre temperatura ambiente e temperaturas corporais.

O padrão de variação térmica com queda em T0 e posterior elevação até T2-T4 indica alterações fisiológicas relacionadas à circulação periférica e regulação térmica. A elevação da temperatura nessas regiões após a atividade é compatível com aumento do fluxo sanguíneo periférico e inflamação local leve, o que já foi descrito como um marcador precoce de estresse térmico ou lesão focal (Schaefer et al., 2012; Gloster et al., 2011). A IRT foi altamente sensível às variações fisiológicas regionais. Houve queda térmica em T0, seguida de elevação até T3, especialmente nas regiões de pescoço e membros posteriores áreas com maior envolvimento na dinâmica do laço. Esses achados estão alinhados aos de Gloster et al. (2011) e Schaefer et al. (2012), que demonstram que alterações térmicas superficiais refletem redistribuição de fluxo sanguíneo e processos inflamatórios localizados.

Esses achados são corroborados por Cruz et al. (2021), que demonstram que a termografia infravermelha permite detectar variações discretas na circulação e temperatura corporal, sendo altamente eficaz no monitoramento do bem-estar animal em campo. Félix et al. (2023) confirmam ainda a alta sensibilidade da IRT ocular para estresse agudo em bovinos jovens, enquanto Santos (2024) detectou variações térmicas similares às encontradas neste estudo em touros atletas.

Geburt (2015) reforça que a IRT é uma técnica promissora não apenas por sua sensibilidade, mas também por ser não invasiva, rápida e adaptável ao

manejo rotineiro, atributos que a tornam altamente aplicável em cenários esportivos e de bem-estar.

As temperaturas aferidas por termografia infravermelha também reforçam o padrão de recuperação evidenciado na análise de AST e CK. Após uma redução em T0, seguida de elevação até T2-T3, os valores térmicos tenderam à estabilização, indicando possível inflamação leve e posterior normalização térmica.

5. CONCLUSÃO

A prova de laço em dupla provocou respostas fisiológicas compatíveis com estresse físico agudo, porém transitório, sem indícios de sofrimento animal. A rápida recuperação dos biomarcadores confirma boa adaptação dos animais ao exercício. A termografia infravermelha demonstrou-se eficaz na detecção de alterações térmicas regionais, reforçando seu valor como ferramenta de monitoramento não invasivo. O uso integrado de CK, AST, cortisol e IRT mostrou-se útil para avaliar o bem-estar e pode ser aplicado como protocolo preventivo em competições e treinamentos.

REFERÊNCIAS

- ABQM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALO QUARTO DE MILHA. Modalidades Oficiais – Laço em Dupla. [S.l.]: ABQM, [s.d.]. Disponível em: <https://abqm.com.br>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- AKTAS, M.; AUGUSTE, D.; LEFEBVRE, H. P.; TOUTAIN, P. L.; BRAUN, J. P. Creatine kinase in the dog: a review. *Veterinary Research Communications*, v. 17, p. 353–369, 1993.
- ALBERNAZ, T. M. Avaliação do bem-estar animal em provas de rodeio. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.
- ALMEIDA, G. L. P. et al. Uso da termografia infravermelha para avaliação de estresse térmico em bovinos. *Ars Veterinaria*, v. 34, n. 3, p. 167–173, 2018.
- ANDERSON, M. Rodeo: An American Tradition. Norman: University of Oklahoma Press, 2015.
- AQHA – AMERICAN QUARTER HORSE ASSOCIATION. Roping Rules and History. [S.l.]: AQHA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.aqha.com>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- BILLINGS, A. Skeletal Muscle. In: HINCHCLIFF, K. et al. (ed.). *Equine Sports Medicine and Surgery*. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 2013.
- BOYD, J. W. The mechanisms relating to increases in plasma enzymes and isoenzymes in diseases of animals. *Veterinary Clinical Pathology*, v. 12, p. 9–24, 1983.
- BROOM, D. M. et al. Hormonal and physiological effects of a 15 hours road journey in sheep: comparison with the responses loading handling and penning in the absence of transport. *British Veterinary Journal*, v. 152, p. 593–604, 1996.
- CARDOSO, C. C. Tolerância ao calor em bovinos zebuínos. Brasília: Universidade de Brasília, 2015.
- CARLINET, J. E. Enzymes in skeletal muscle damage. *Veterinary Pathology*, 1967.
- CARVALHO, J. R. G. Uso da plataforma vibratória para equinos submetidos ao exercício. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/afeac883-5a5a-4996-a2a6-87bd8c5c2136>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- CHURCH, J. S. et al. Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. *Research in Veterinary Science*, v. 96, p. 220–226, 2014.
- COSTA, F. D. et al. Termografia infravermelha: teoria e aplicações em animais de produção. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v. 6, n. 1, p. 43–50, 2020.
- CÔNSOLO, N. R. B. et al. Associations of blood analysis with feed efficiency and developmental stage in grass-fed beef heifers. *Animals*, v. 8, n. 8, p. 133, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/8/8/133>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- DENIZ, Ö. et al. Modeling climate change effects on some biochemical parameters in horses. *Research in Veterinary Science*, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034528825001043>. Acesso em: 7 abr. 2025.

- DIAS, R. P. Perfil hematológico e bioquímica sérica de cabras F1 soropositivas e soronegativas para CAE. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará. Disponível em: <https://www.uece.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- EL-ASHKER, M. R. Evaluation of thermography as a noninvasive diagnostic tool in equine practice. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 31, p. 381–385, 2011.
- EL-DEEB, W. M.; EL-BAHR, S. M. Biochemical markers in Arabian horses with exertional rhabdomyolysis. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 34, n. 4, p. 484–489, 2014.
- ESCALERA-VALENTE, F. et al. Effect of Maximal Stress and Exercise on Biological Variables in Lidia Cattle. *Animals*, v. 11, n. 10, p. 2866, 2021. DOI: 10.3390/ani11102866.
- FAZIO, F. et al. Cardiac biomarker responses to acute exercise in show jumping horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 2023. DOI: 10.1016/j.jevs.2023.104175.
- FAROOQ, U. et al. Physiological responses of cattle to heat stress. *World Applied Sciences Journal*, v. 8, p. 38–43, 2010.
- FÉLIX, L. et al. Non-invasive biomarkers in saliva and eye infrared thermography to assess the stress response of calves during transport. *Animals*, v. 13, n. 14, 2311, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/14/2311>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- GEBURT, K. Evaluation of non-invasive biomarkers for behaviour traits in beef and dairy cattle. Braunschweig: Thünen Institute, 2015. Disponível em: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn066154.pdf. Acesso em: 7 abr. 2025.
- GLOSTER, J. et al. Normal variation in thermal radiated temperature in cattle: implications for foot-and-mouth disease detection. *BMC Veterinary Research*, v. 7, p. 73, 2011.
- GONZÁLEZ, F. H. D. Bioquímica clínica veterinária: fundamentos e aplicações. Porto Alegre: UFRGS, 2008. Disponível em: http://bichosonline.vet.br/wp-content/uploads/2017/09/Analises_Clinicas_Vet.pdf. Acesso em: 11 abr. 2025.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; Barcellos, J. O. J.; Patiño, H. O. Perfil metabólico em ruminantes – seu uso em nutrição e doenças. Porto Alegre: UFRGS, 2000. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/293452061.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- HARPER, H. A. et al. Bioquímica ilustrada de Harper. 25. ed. São Paulo: Atheneu, 2000.
- KANEKO, J. J.; Harvey, J. W.; Bruss, M. L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6th ed. San Diego: Academic Press, 2008.
- KARROW, N. A. et al. Blood biomarkers in stress and metabolism in cattle. *Animals*, v. 8, n. 8, p. 133, 2018.
- KASTBERGER, G. et al. Visualizing thermal behavior of honeybee colonies. *Naturwissenschaften*, v. 97, n. 5, p. 513–518, 2010.
- KIM, H.S. Influence of +Gz exposure on serum biochemical and hematological parameters. *Asian Biomedicine*, v. 6, n. 6, p. 871–879, 2013.
- LIMA, S. J. S. Avaliação clínica e bioquímica de bovinos com síndrome da vaca caída. UFCG, 2013. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.

- MACEDO, G. G. et al. Human–animal interaction, stress, and embryo production in *Bos indicus* embryo donors under tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, v. 43, p. 1175–1182, 2011.
- MARCHESE, F. J. Perfil bioquímico de bezerros da raça Nelore, originados por clonagem. Universidade de São Paulo, 2010.
- MATOS, E. L. S. Avaliação bioquímica e clínica da hipocalcemia e sua correlação com CK em vacas leiteiras. UFRB, 2019. Disponível em: <https://ri.ufrb.edu.br/handle/123456789/2077>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- MAZIEIRO, R. R. D. et al. Avaliação das concentrações plasmáticas de cortisol e progesterona em vacas nelore (*Bos taurus indicus*) submetidas a manejo diário ou manejo semanal. *Veterinária e Zootecnia*, v. 19, n. 3, p. 366–372, 2012.
- MCCAFFERTY, D. J. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Review*, v. 37, n. 3, p. 207–223, 2007.
- MCMANUS, C. et al. Infrared thermography in animal production: An overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 123, p. 10–16, 2016.
- MELO, V. L. L. Melão in natura como dieta exclusiva para bovinos: um estudo de caso. UFRSA, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufrsa.edu.br/handle/prefix/5410>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- MENON, D. M. The Welfare of Emus During Their Transport and Slaughter. University of British Columbia, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/270890058>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- MONTANHOLI, Y. R. et al. Use of infrared thermography to assess physiological responses of dairy cows to environmental stress. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 88, n. 4, p. 627–633, 2008.
- NEEL, J. A. et al. Evaluation of Skeletal Muscle. In: LATIMER, K. S. et al. (ed.). *Duncan & Prasse's Veterinary Laboratory Medicine: Clinical Pathology*. 6. ed. Wiley-Blackwell, 2021.
- NIKKHAH, A. et al. Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, v. 88, p. 2749–2753, 2005.
- NRS WORLD. History of Team Roping and Economic Impact. [S.l.]: NRS World, [s.d.]. Disponível em: <https://www.nrsworld.com>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- OLIVEIRA, D. Influência da indução da lactação na bioquímica sérica de vacas mestiças. UFU, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- PAES, P. R. O. et al. Respostas fisiológicas de bovinos submetidos ao transporte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 2, p. 113–120, 2005.
- PAES, P. R. O. Influência do desmame, contenção e transporte na bioquímica clínica de bovinos. UNESP, 2005. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- PATINO, H. O. Perfil metabólico em ruminantes: uso em nutrição e doenças. Porto Alegre: UFRGS, 2000. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- PINTO, M. P. et al. Aspartato aminotransferase em bovinos: aspectos bioquímicos e clínicos. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 39, n. 2, p. 105–112, 2017.

- PRCA – PROFESSIONAL RODEO COWBOYS ASSOCIATION. About Team Roping. [S.l.]: PRCA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.prorodeo.com>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- O'BRIEN, P. J. Exercise-induced muscle damage and biomarkers in athletes. *Journal of Clinical Pathology*, v. 69, n. 12, p. 1011–1014, 2016.
- QUEIROZ, G. R.; AMUDE, A. M. Avaliação do bem-estar de bovinos submetidos a eventos esportivos equestres. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, e34510817476, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17476>
- SALLES, M. S. V. et al. Avanços no uso de termografia na medicina veterinária. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 21, n. 3, p. 223–231, 2022.
- SANTOS, D. R. Biomarcadores de lesões musculares em atletas de elite do futebol brasileiro. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, 2024.
- SANTOS, G. P.; Odessa, N. Eficiência alimentar e parâmetros sanguíneos em Nelore. Instituto de Zootecnia, 2014. Disponível em: <https://iz.agricultura.sp.gov.br/pdfs/1398364514.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- SANTOS, M. A. Parâmetros bioquímicos, hematológicos, hormonais e termográficos em touros atletas. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/2cacb839-25f8-4c99-a9cc-06362099de2f/download>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- SCHAEFER, A. L. et al. The application of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Journal of Animal Science*, v. 90, p. 2986–2994, 2012.
- SCHMIDT, E.; Locatelli-Dittrich, R.; Santin, E.; Paulillo, A. C. Patologia clínica em aves de produção. Botucatu: UNESP, 2007.
- SHAWAF, T. et al. Evaluation of wet cupping therapy on the arterial and venous blood parameters in healthy Arabian horses. *Veterinary World*, v. 11, n. 5, p. 620–625, 2018.
- SIERRA, C. A. Indicadores de bienestar en bovinos del trópico: una visión desde el estrés y el eje hipotalámico-pituitario-adrenal. *Revista Veterinaria*, v. 30, n. 2, 2019.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, v. 67, p. 1–18, 2000.
- SILVA FILHO, O. C. Manual de boas práticas para bovinos participantes de atividades esportivas equestres. São Paulo: Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Quarto de Milha, 2020. 46 p.
- SILVA, J. R.; ALMEIDA, F. T. A influência norte-americana no laço em dupla no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos Rurais*, v. 10, n. 2, p. 88–105, 2021.
- SOUZA, L. M. Estudo dos biomarcadores cardíacos troponina I e CK-MB em cabras e ovelhas acometidas por toxemia da prenhez. 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/334400471>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- STEFAN, J. Über die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur. *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Wien*, 1879.
- STEWART, M. et al. Infrared thermography as a non-invasive method for assessing pain in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 102, n. 3, p. 128–141, 2007.

- TABELEÃO, V. C. Avaliação de enzimas musculares em vacas recumbentes com mastite ou em estado saudável. UFPel, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/123456789/1237>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- TAYLOR, P.M. Equine stress responses to anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, v. 63, n. 6, p. 702–709, 1989.
- THARWAT, M.; AL-SOBAYIL, F. A. Effects of transportation stress on cardiac markers in horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 34, n. 4, p. 484–489, 2014.
- THRALL, Margi S. Hematologia e bioquímica clínica veterinária. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- TRINDADE, P. H. E. Desenvolvimento e validação de indicadores de bem-estar de equinos utilizados no manejo de bovinos de corte. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/e98d4992-6cca-4ab9-8f7f-058e54252b09/download>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- TURNER, T. A. Diagnostic thermography. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, v. 17, n. 1, p. 95–113, 2001.
- VAN REENEN, C. G. et al. Behavioural and physiological responses of heifer calves to acute stressors: long-term consistency and relationship with adult reactivity to milking. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 147, p. 55–68, 2013.
- VERDEGAAL, L. E. Thermoregulation in exercising horses: Aspects of temperature monitoring. CORE, 2023. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/553758458.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- VON SCHWEINITZ, D. G. Thermographic diagnostics in equine back pain. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v. 15, p. 161–177, 1999.