



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**EFEITO DA VITAMINA C SOBRE OS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS
DE CORDEIROS SUBMETIDOS AO ESTRESSE DO TRANSPORTE**

PEDRO HENRIQUE LUIZ DOS SANTOS

RECIFE
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**EFEITO DA VITAMINA C SOBRE OS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE
CORDEIROS SUBMETIDOS AO ESTRESSE DO TRANSPORTE**

Pedro Henrique Luiz dos Santos

Graduando

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat

Orientador

Dr. Gabriela Rayane Rocha Costa

Coorientadora

RECIFE
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

S237e Santos, Pedro Henrique Luiz dos.
Efeito da vitamina C sobre os parâmetros fisiológicos de cordeiros submetidos ao estresse do transporte / Pedro Henrique Luiz dos Santos. – Recife, 2026.
43 f.

Orientador(a): João Paulo Ismério dos Santos Monnerat.
Co-orientador(a): Gabriela Rayane Rocha Costa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Ácidos ascórbicos. 2. Bem-estar do animal. 3. Cortisol. 4. Ovinos 5. Metabolismo animal. I. Monnerat, João Paulo Ismério dos Santos, orient. II. Costa, Gabriela Rayane Rocha, coorient. III. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DA VITAMINA C SOBRE OS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE
CORDEIROS SUBMETIDOS AO ESTRESSE DO TRANSPORTE**

Pedro Henrique Luiz dos Santos

Graduando

Monografia submetida ao curso de Zootecnia como requisito para obtenção do grau de bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 06/07/2026

EXAMINADORES

Prof. Dr. João Paulo Ismério Dos Santos Monnerat
(Orientador)

Prof^a. Dr^a. Andreia Fernandes De Souza
(UFRPE)

Prof. Dr. Pierre Castro Soares
(UFRPE)

RECIFE
2026

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa a realização de um sonho construído ao longo de anos de dedicação, desafios, aprendizados e conquistas. Essa trajetória foi marcada por momentos de superação e crescimento, que contribuíram não apenas para minha formação profissional, mas também para minha construção como pessoa. Nada disso teria sido possível sem o apoio, incentivo e carinho de pessoas especiais que fizeram parte dessa caminhada. A todas elas, deixo minha mais sincera gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força, sabedoria e perseverança para superar os desafios encontrados durante a graduação e permitir que eu chegasse até este momento tão especial.

À minha família, meu mais profundo agradecimento. À minha mãe, Gercina Maria, por todo amor, dedicação, cuidado e por nunca medir esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Ao meu pai, Gilberto Severino, pelos ensinamentos, incentivo e valores transmitidos ao longo da minha vida. Vocês são minha base e parte essencial de todas as minhas conquistas.

Aos meus amigos, agradeço por tornarem essa caminhada mais leve e especial. Em especial, à Maria Clara e ao Pablo Francisco, que estiveram comigo desde o início da graduação, compartilhando desafios, aprendizados, conquistas e inúmeros momentos de alegria. Vocês se tornaram uma verdadeira família durante essa jornada e levarei essa amizade para toda a vida. Aos amigos Renan Albuquerque, Yasmin Veras, Vinícius Santos, Débora Moraes, Stefany Silva, Núbia Maria, Joana Munhame, Gabriela Rayane, Ester Ferraz e Rogério Barros, agradeço pelo companheirismo, pelas conversas, risadas e por todos os momentos compartilhados. Estendo meu agradecimento aos demais amigos que fizeram parte dessa trajetória e contribuíram de alguma forma para que esse momento se tornasse realidade.

Ao Setor de Ovinos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), expresso minha profunda gratidão por ter sido muito mais que um ambiente de aprendizado: tornou-se uma verdadeira casa e escola durante minha formação. Desde os primeiros períodos da graduação, tive a oportunidade de vivenciar a rotina da produção animal, desenvolver habilidades, enfrentar desafios e aprender com pessoas que contribuíram significativamente para minha formação como futuro zootecnista. Cada experiência, manejo e aprendizado compartilhado permanecerá como parte importante da minha trajetória.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat, agradeço pela confiança, dedicação, disponibilidade e pelos ensinamentos transmitidos durante o desenvolvimento deste trabalho. Sua orientação foi fundamental para minha formação acadêmica e científica, contribuindo para meu crescimento como pesquisador e profissional.

À Prof.^a Dra. Andreia Fernandes, agradeço pela confiança, pelos ensinamentos e por toda contribuição durante minha trajetória no Setor de Ovinos. Seus conhecimentos, orientações e exemplos de dedicação foram fundamentais para minha formação profissional e pessoal.

À Prof.^a Dra. Priscila Antão, agradeço por todo apoio, orientação e contribuição ao longo dessa caminhada. Além dos ensinamentos acadêmicos, agradeço pela amizade, pelas conversas e pelos conselhos que contribuíram para meu crescimento.

A todos os professores do curso de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, agradeço pelos ensinamentos, dedicação e compromisso com a formação dos profissionais. A todos os técnicos, tratadores, servidores e colaboradores da universidade que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, deixo meu sincero reconhecimento, pois a dedicação de cada um foi essencial para o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte dessa trajetória e contribuíram para que esse sonho se tornasse realidade. Cada ensinamento, incentivo, conselho e gesto de apoio deixaram uma marca especial nessa caminhada. Encerro essa etapa levando comigo não apenas o conhecimento adquirido, mas também as amizades, experiências e aprendizados que contribuíram para construir o profissional e a pessoa que me tornei.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

1. RESUMO	9
2. ABSTRACT	10
3. INTRODUÇÃO.....	11
4. OBJETIVOS.....	13
4.1 OBJETIVO GERAL.....	13
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
5. REVISÃO DE LITERATURA	13
5.1 ESTRESSE EM OVINOS.....	13
5.2 TRANSPORTE DE OVINOS COMO FATOR ESTRESSANTE	15
5.3 CORTISOL COMO BIOMARCADOR DE ESTRESSE	17
5.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE ESTRESSE	19
5.5 EFEITOS DO CORTISOL ELEVADO SOBRE A SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL ..	20
5.6 VITAMINA C: METABOLISMO E FUNÇÕES BIOLÓGICAS	21
5.7 VITAMINA C E ESTRESSE OXIDATIVO	23
5.8 USO DA VITAMINA C EM ANIMAIS SUBMETIDOS AO ESTRESSE	25
5.9 POTENCIAL DA VITAMINA C NA MODULAÇÃO DOS NÍVEIS DE CORTISOL EM OVINOS	27
6. METODOLOGIA.....	29
6.1 AUTORIZAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	29
6.2 LOCAL DO EXPERIMENTO	29
6.3 ANIMAS E INSTALAÇÕES.....	29
6.4 COLETA DE AMOSTRAS	30
6.5 ANÁLISES SANGUÍNEAS	31
6.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
9. REFERÊNCIAS	40

1. RESUMO

O transporte rodoviário é um dos principais fatores estressores na ovinocultura, desencadeando respostas fisiológicas e metabólicas que podem comprometer o bem-estar e o desempenho dos animais. Nesse contexto, a vitamina C tem sido investigada devido ao seu potencial antioxidante e à sua possível capacidade de atenuar os efeitos do estresse. Objetivou-se avaliar o efeito da administração de vitamina C sobre as concentrações séricas de cortisol e os parâmetros bioquímicos de cordeiros Santa Inês submetidos ao estresse decorrente do transporte. Foram utilizados 22 cordeiros machos, não castrados, que, após uma longa viagem, foram identificados, distribuídos aleatoriamente em três tratamentos e alojados em baias individuais durante o período experimental. Os tratamentos consistiram em: controle, vitamina C por via oral (125 mg/kg de peso corporal) e vitamina C por via intramuscular (100 mg/kg de peso corporal). Amostras de sangue foram coletadas por venopunção da veia jugular imediatamente após o transporte, antes da administração da vitamina C, e 24 horas após os tratamentos. Foram avaliadas as concentrações de cortisol, glicose, frutossamina, lactato, indicadores bioquímicos relacionados ao metabolismo proteico, lipídico e à função renal, além da atividade das enzimas hepáticas. Também foram mensurados o consumo de matéria seca, o consumo de água e o peso corporal dos animais. Não foram observados efeitos significativos dos tratamentos ($P > 0,05$) sobre as concentrações séricas de cortisol, os parâmetros bioquímicos, o consumo de matéria seca, o consumo de água e o peso corporal. Entretanto, verificou-se efeito significativo do tempo de avaliação ($P < 0,05$), com redução das concentrações de glicose, frutossamina e lactato, bem como do consumo de matéria seca e de água, além do aumento do peso corporal, evidenciando a recuperação fisiológica dos animais após o transporte. Conclui-se que, nas condições experimentais deste estudo, a administração de vitamina C, nas doses e vias de administração avaliadas, não foi eficaz em modular a resposta ao estresse de transporte em cordeiros Santa Inês.

Palavras-chave: ácido ascórbico; bem-estar animal; cortisol; ovinos; metabolismo.

2. ABSTRACT

Road transportation is one of the main stressors in sheep production, triggering physiological and metabolic responses that may compromise animal welfare and performance. In this context, vitamin C has been investigated because of its antioxidant properties and its potential to mitigate the effects of stress. This study aimed to evaluate the effect of vitamin C administration on serum cortisol concentrations and biochemical parameters in Santa Inês lambs subjected to transportation-induced stress. Twenty-two intact male Santa Inês lambs were used. After a long-distance journey, the animals were identified, randomly assigned to three experimental treatments, and housed individually throughout the experimental period. The treatments consisted of: control, oral vitamin C (125 mg/kg body weight), and intramuscular vitamin C (100 mg/kg body weight). Blood samples were collected by jugular venipuncture immediately after transportation, before vitamin C administration, and 24 hours after treatment. Serum concentrations of cortisol, glucose, fructosamine, and lactate were determined, together with biochemical indicators related to protein, lipid, and renal metabolism, as well as liver enzyme activities. Dry matter intake, water intake, and body weight were also evaluated. No significant treatment effects ($P > 0.05$) were observed for serum cortisol concentrations, biochemical parameters, dry matter intake, water intake, or body weight. However, a significant effect of sampling time ($P < 0.05$) was observed, characterized by reductions in glucose, fructosamine, lactate, dry matter intake, and water intake, along with an increase in body weight, indicating the physiological recovery of the animals following transportation. Under the experimental conditions of this study, vitamin C administration, at the evaluated doses and routes of administration, was not effective in modulating the physiological response to transportation stress in Santa Inês lambs.

Keywords: ascorbic acid; animal welfare; cortisol; sheep; metabolism.

3. INTRODUÇÃO

A ovinocultura brasileira tem apresentado crescimento significativo nas últimas décadas, impulsionada pelo aumento da demanda por carne ovina e pela expansão dos sistemas de produção em diferentes regiões do país. No entanto, a intensificação da atividade tem ampliado a necessidade de adoção de práticas de manejo que garantam não apenas a eficiência produtiva, mas também a saúde e o bem-estar dos animais. Nesse contexto, o transporte constitui uma etapa indispensável da cadeia produtiva, sendo frequentemente utilizado para deslocamento entre propriedades, feiras, exposições, unidades de terminação e frigoríficos. Apesar de sua importância econômica, o transporte é reconhecido como um dos principais fatores causadores de estresse em ovinos (POLLI et al., 2020; RODRIGUES, 2025).

Durante o transporte, os animais são expostos simultaneamente a diversos agentes estressores, incluindo embarque e desembarque, movimentação do veículo, restrição de espaço, jejum alimentar, restrição hídrica, ruídos e mudanças ambientais. A exposição a esses fatores desencadeia uma série de respostas fisiológicas destinadas à manutenção da homeostase, envolvendo principalmente a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA). Como consequência, ocorre aumento da secreção de glicocorticoides, especialmente o cortisol, considerado um dos principais biomarcadores fisiológicos utilizados para avaliação do estresse em animais de produção (MORMÈDE et al., 2007; RODRIGUES et al., 2023).

Embora a liberação de cortisol represente um importante mecanismo adaptativo frente às situações adversas, concentrações elevadas desse hormônio por períodos prolongados podem provocar alterações metabólicas, imunológicas e comportamentais capazes de comprometer o desempenho produtivo e o bem-estar animal. Entre os principais efeitos associados ao aumento do cortisol destacam-se a mobilização excessiva de reservas energéticas, redução da eficiência imunológica, aumento da susceptibilidade a enfermidades e intensificação dos processos oxidativos celulares (MOBERG; MENCH, 2000; AKINMOLADUN, 2022).

O estresse oxidativo ocorre quando há desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio e a capacidade dos sistemas antioxidantes do organismo em neutralizá-las.

Em situações de estresse intenso, como aquelas observadas durante o transporte, a produção excessiva de radicais livres pode resultar em danos celulares, comprometendo funções fisiológicas essenciais e dificultando a recuperação dos animais após a exposição ao agente estressor (AKINMOLADUN, 2022). Dessa forma, o desenvolvimento de estratégias capazes de minimizar os efeitos do estresse tem despertado crescente interesse entre pesquisadores e profissionais da área de produção animal.

Entre as alternativas estudadas, destaca-se a utilização da vitamina C (ácido ascórbico), um importante antioxidante hidrossolúvel envolvido em diversos processos metabólicos e imunológicos. Embora os ruminantes possuam capacidade de sintetizar vitamina C de forma endógena, evidências científicas sugerem que, em situações de elevado desafio fisiológico, a demanda pelo nutriente pode superar sua capacidade de produção, tornando a suplementação uma estratégia potencialmente benéfica (AKINMOLADUN, 2022).

Além de sua reconhecida ação antioxidante, a vitamina C participa da modulação da resposta imunológica e da proteção celular contra os danos provocados pelos radicais livres. Estudos realizados em ruminantes submetidos a diferentes tipos de estresse demonstram que a suplementação com ácido ascórbico pode contribuir para a melhora de parâmetros fisiológicos relacionados ao bem-estar animal, favorecendo a recuperação do equilíbrio metabólico após situações adversas (BIOBAKU et al., 2018; YANAR; AKTAS, 2021). Entretanto, ainda são limitadas as informações sobre os efeitos da administração de vitamina C sobre os níveis de cortisol em ovinos submetidos ao estresse de transporte, especialmente quando comparadas diferentes vias de administração.

Diante desse cenário, torna-se relevante investigar o potencial da vitamina C como ferramenta auxiliar na mitigação dos efeitos fisiológicos do estresse em ovinos. A compreensão dos efeitos da suplementação de ácido ascórbico sobre as concentrações de cortisol pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo que promovam maior bem-estar animal e melhor adaptação dos ovinos às condições impostas pelo transporte.

Assim, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da administração de vitamina C por diferentes vias sobre os níveis séricos de cortisol em ovinos

submetidos ao estresse decorrente do transporte, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre alternativas capazes de minimizar os impactos fisiológicos dessa importante prática de manejo.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da administração de vitamina C, por via oral e intramuscular, sobre as concentrações séricas de cortisol e os parâmetros bioquímicos de cordeiros da raça Santa Inês submetidos ao estresse decorrente do transporte rodoviário.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as concentrações séricas de cortisol antes e 24 horas após a administração de vitamina C em cordeiros submetidos ao transporte.

Comparar os efeitos da administração de vitamina C pelas vias oral e intramuscular sobre a resposta fisiológica dos animais.

Determinar o efeito da suplementação com vitamina C sobre indicadores bioquímicos relacionados ao metabolismo energético, proteico, lipídico, hepático e renal.

Verificar as alterações nas concentrações de glicose, frutamina, lactato, colesterol total, HDL, LDL, triglicerídeos, proteínas totais, albumina, globulinas, ureia, creatinina, ácido úrico, AST, ALT, GGT e fosfatase alcalina após o período de recuperação pós-transporte.

Avaliar a influência da vitamina C sobre a recuperação fisiológica de cordeiros submetidos ao estresse de transporte.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 ESTRESSE EM OVINOS

O estresse pode ser definido como o conjunto de respostas fisiológicas e comportamentais desencadeadas quando um animal é exposto a fatores ambientais ou de manejo capazes de comprometer sua homeostase. Em sistemas de produção animal, diversas

situações podem atuar como agentes estressores, incluindo altas temperaturas, restrição alimentar, manejo intensivo, transporte, mudanças de ambiente e interação social inadequada. Esses fatores representam desafios ao organismo por exigirem adaptações fisiológicas para manter o equilíbrio interno, promovendo a ativação do sistema nervoso simpático e do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA), com consequente liberação de catecolaminas e cortisol. A intensidade e a duração desses estímulos determinam a magnitude da resposta fisiológica e seus impactos sobre o desempenho produtivo e o bem-estar dos animais (POLLI et al., 2020). Como consequência, os ovinos podem apresentar alterações no comportamento, redução do consumo de alimento e água, perda de peso, comprometimento da resposta imunológica, alterações metabólicas e aumento da susceptibilidade a enfermidades, refletindo negativamente nos índices produtivos, reprodutivos e na qualidade dos produtos de origem animal.

Nos ovinos, a resposta ao estresse envolve a ativação de mecanismos neuroendócrinos coordenados principalmente pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA). Quando expostos a situações adversas, ocorre a liberação do hormônio liberador de corticotrofina (CRH) pelo hipotálamo, estimulando a secreção do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) pela hipófise anterior. Por sua vez, o ACTH induz a liberação de glicocorticoides pelas glândulas adrenais, sendo o cortisol o principal hormônio relacionado à resposta ao estresse em ovinos (Dukes, 2026).

A elevação do cortisol promove adaptações metabólicas importantes para a sobrevivência do animal, como aumento da disponibilidade de glicose, mobilização de reservas energéticas e alterações na resposta imunológica. Entretanto, quando os níveis desse hormônio permanecem elevados por períodos prolongados, ocorre um estado catabólico caracterizado pelo aumento da degradação de proteínas e lipídios, redução da síntese proteica e supressão da resposta imune, tornando os animais mais suscetíveis a enfermidades. Além disso, o excesso de cortisol está associado à redução do consumo de alimento, alterações comportamentais, maior gasto energético para manutenção da homeostase e menor eficiência na utilização dos nutrientes para crescimento e produção. Como consequência, observa-se diminuição do desempenho produtivo, com redução do ganho de peso e da eficiência alimentar, além do comprometimento do bem-estar animal devido ao desconforto fisiológico, alterações comportamentais e menor capacidade de adaptação aos desafios ambientais (POLLI et al., 2020).

Dentre os diversos fatores estressantes enfrentados pelos ovinos, o transporte destaca-se como uma das práticas de manejo mais impactantes. Durante o deslocamento, os animais são submetidos simultaneamente ao jejum, às vibrações do veículo, à restrição de espaço, às mudanças ambientais, aos ruídos e à manipulação humana. Esses estímulos ativam continuamente o sistema de alerta do organismo, por meio do sistema nervoso simpático e do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA), desencadeando respostas neuroendócrinas que visam manter a homeostase frente ao desafio imposto. Entretanto, quando intensas ou prolongadas, essas respostas podem comprometer o equilíbrio fisiológico dos animais. Estudos têm demonstrado que essas condições promovem alterações em biomarcadores endócrinos, metabólicos, musculares e imunológicos, decorrentes do esforço físico, do jejum e do medo, refletindo o impacto do transporte sobre o organismo dos ovinos (RODRIGUES, 2025).

A avaliação do estresse em ovinos pode ser realizada por meio de indicadores fisiológicos, comportamentais e bioquímicos. Entre esses parâmetros, o cortisol é amplamente utilizado por representar um dos principais biomarcadores da ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. Dessa forma, a mensuração desse hormônio constitui uma importante ferramenta para a avaliação do bem-estar animal e para a investigação de estratégias capazes de minimizar os efeitos negativos do estresse em sistemas de produção (RODRIGUES et al., 2023).

5.2 TRANSPORTE DE OVINOS COMO FATOR ESTRESSANTE

O transporte constitui uma prática rotineira na cadeia produtiva de ovinos, sendo necessário para a comercialização, reprodução, participação em exposições e deslocamento entre propriedades. Apesar de sua importância econômica, essa atividade é reconhecida como uma das principais fontes de estresse para os animais, uma vez que envolve uma série de desafios físicos e psicológicos capazes de comprometer o bem-estar e a homeostase (BROOM, 2005; POLLI et al., 2020).

Durante o transporte, os ovinos são submetidos simultaneamente a diferentes fatores estressantes, incluindo contenção, embarque e desembarque, movimentação do veículo,

vibrações, ruídos, mudanças ambientais, restrição de espaço e, frequentemente, períodos prolongados de jejum hídrico e alimentar. A combinação desses fatores desencadeia respostas fisiológicas adaptativas destinadas à manutenção do equilíbrio orgânico, porém pode resultar em alterações metabólicas e comportamentais significativas (MIRANDA-DE LA LAMA, 2013).

A exposição prolongada ao transporte promove a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), culminando na liberação de glicocorticoides, especialmente o cortisol. O aumento desse hormônio é considerado um dos principais indicadores fisiológicos de estresse em ruminantes, sendo amplamente utilizado para avaliar o impacto das práticas de manejo sobre o bem-estar animal (MORMÈDE et al., 2007).

Em ovinos, diversos estudos demonstram que o aumento da duração do transporte está diretamente associado à intensificação das respostas fisiológicas ao estresse, sendo os efeitos mais evidentes em viagens prolongadas, especialmente aquelas com duração igual ou superior a 8–12 horas (COCKRAM, 2007; MIRANDA-DE LA LAMA; VILLARROEL; MARÍA, 2014). Nessas condições, os animais são expostos simultaneamente a diferentes fatores estressantes que podem comprometer sua homeostase.

Durante o deslocamento, os ovinos podem ser submetidos ao jejum alimentar e hídrico, à movimentação constante do veículo, à vibração, acelerações e frenagens, além de variações de temperatura e umidade. Somam-se a esses fatores a elevada densidade de lotação, a restrição de movimentos, a fadiga física e a necessidade contínua de manter o equilíbrio corporal durante a viagem. A associação desses desafios favorece o aumento das concentrações plasmáticas de cortisol, glicose, lactato e outros metabólitos relacionados à resposta ao estresse, podendo comprometer o bem-estar, o desempenho produtivo e a recuperação dos animais após o transporte (COCKRAM, 2007; MIRANDA-DE LA LAMA et al., 2014).

Além das alterações hormonais, o transporte pode provocar desidratação, perda de peso corporal, redução do consumo alimentar e comprometimento da função imunológica. Tais alterações podem afetar negativamente o desempenho produtivo e aumentar a susceptibilidade dos animais a enfermidades, especialmente quando os períodos de transporte são prolongados

ou realizados em condições inadequadas de manejo (MIRANDA-DE LA LAMA; VILLARROEL, 2012).

Nos últimos anos, a crescente preocupação com o bem-estar animal tem impulsionado o desenvolvimento de estratégias destinadas a minimizar os efeitos negativos do transporte sobre os animais de produção. De acordo com Cockram (2007) e Miranda-de la Lama, Villarroel e María (2014), medidas como o planejamento adequado da viagem, a redução do tempo de transporte, o manejo cuidadoso durante o embarque e desembarque, a adequação da densidade de lotação e a oferta de condições que favoreçam o conforto térmico são fundamentais para reduzir o estresse e preservar o bem-estar dos animais. Embora não exista um tempo máximo universalmente estabelecido para o transporte de ovinos, estudos demonstram que alterações fisiológicas e hormonais podem ser detectadas a partir de aproximadamente 6 a 8 horas de viagem, tornando-se mais evidentes em transportes prolongados, especialmente aqueles com duração superior a 8–12 horas (BROOM et al., 1996; COCKRAM, 2007; MIRANDA-DE LA LAMA et al., 2014).

Além das práticas de manejo, a utilização de estratégias nutricionais tem recebido atenção como alternativa para reduzir os efeitos do estresse de transporte. Entre elas, destaca-se a suplementação com compostos antioxidantes, como a vitamina C, devido à sua capacidade de neutralizar espécies reativas de oxigênio, reduzir o estresse oxidativo e contribuir para a manutenção da homeostase durante desafios fisiológicos. Entretanto, apesar dos resultados promissores observados em algumas espécies, a eficácia da suplementação com vitamina C em ruminantes ainda apresenta resultados inconsistentes, variando em função da dose utilizada, da via de administração, da intensidade do estressor e do momento de suplementação (AKINMOLADUN, 2022).

5.3 CORTISOL COMO BIOMARCADOR DE ESTRESSE

A manutenção da homeostase em mamíferos depende da capacidade do organismo de responder adequadamente aos desafios ambientais e fisiológicos. Diante de situações consideradas estressantes, ocorre a ativação de mecanismos neuroendócrinos responsáveis por promover adaptações metabólicas e comportamentais que auxiliam o indivíduo a enfrentar

condições adversas. Entre esses mecanismos, destaca-se a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA), considerado um dos principais sistemas envolvidos na resposta ao estresse (MORMÈDE et al., 2007).

A ativação do eixo HHA inicia-se com a liberação do hormônio liberador de corticotrofina (CRH) pelo hipotálamo, estimulando a secreção do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) pela hipófise anterior. Em resposta ao ACTH, o córtex da glândula adrenal aumenta a produção e liberação de glicocorticoides, sendo o cortisol o principal hormônio relacionado à resposta ao estresse em ovinos (MOBERG; MENCH, 2000).

O cortisol desempenha papel essencial na adaptação do organismo às situações adversas, promovendo a mobilização de reservas energéticas por meio do aumento da gliconeogênese hepática, da degradação de proteínas e da mobilização de lipídios. Essas alterações garantem maior disponibilidade de energia para os tecidos durante períodos de desafio fisiológico. Além de seus efeitos metabólicos, o cortisol atua diretamente sobre o cérebro, especialmente em regiões como o hipotálamo, o hipocampo e a amígdala, modulando o estado de alerta, o comportamento, a memória e os mecanismos de retroalimentação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA), contribuindo para a coordenação da resposta ao estresse. Adicionalmente, exerce importantes funções regulatórias sobre os sistemas cardiovascular, imunológico e metabólico (MORMÈDE et al., 2007).

Embora sua liberação seja fundamental para a sobrevivência do animal, concentrações elevadas de cortisol por períodos prolongados podem resultar em efeitos negativos sobre a saúde e o desempenho produtivo. Entre as principais consequências destacam-se a redução da resposta imunológica, alterações no comportamento, comprometimento do crescimento, diminuição da eficiência reprodutiva e aumento da susceptibilidade a doenças (MOBERG; MENCH, 2000).

Em ovinos, o cortisol é amplamente utilizado como biomarcador fisiológico para avaliação do estresse devido à sua elevada sensibilidade às alterações ambientais e de manejo. Diversos estudos demonstram que práticas como transporte, contenção, desmame, manejo sanitário e exposição a condições climáticas extremas promovem aumento significativo das

concentrações séricas ou plasmáticas desse hormônio (SCHMIEDT et al., 2013; RODRIGUES et al., 2023).

O transporte de animais, em especial, é reconhecido como um importante estímulo para a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. Durante o deslocamento, fatores como movimentação do veículo, restrição de espaço, jejum, vibrações e mudanças ambientais contribuem para o aumento da secreção de cortisol. Dessa forma, a mensuração desse hormônio antes e após o transporte tem sido amplamente empregada para avaliar o impacto dessa prática sobre o bem-estar animal (RODRIGUES, 2025).

Além de refletir a intensidade da resposta ao estresse, o monitoramento das concentrações de cortisol permite avaliar a eficácia de estratégias destinadas a minimizar os efeitos negativos de agentes estressores. Nesse contexto, substâncias com potencial antioxidante e modulador da resposta fisiológica, como a vitamina C, têm sido investigadas como alternativas capazes de favorecer a recuperação dos animais após situações de estresse, reduzindo os impactos metabólicos e fisiológicos decorrentes da elevação dos níveis de cortisol. Dessa forma, a mensuração desse hormônio antes e após o transporte tem sido amplamente empregada para avaliar o impacto dessa prática sobre o bem-estar animal. (AKINMOLADUN, 2022).

5.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE ESTRESSE

A avaliação do estresse em animais pode ser realizada por meio de métodos invasivos e não invasivos, cuja escolha depende do objetivo do estudo e do período da resposta fisiológica que se pretende investigar. Os métodos invasivos, como a análise de sangue (plasma ou soro), permitem quantificar com elevada precisão biomarcadores endócrinos, especialmente o cortisol, além de catecolaminas e outros indicadores metabólicos, refletindo a resposta aguda ao estresse no momento da coleta. Entretanto, a contenção física e a própria venopunção podem atuar como estímulos estressores adicionais, interferindo parcialmente nos resultados obtidos. Em contrapartida, métodos não invasivos, como a análise de saliva, fezes, urina e pelos, possibilitam o monitoramento do estresse sem manipulação direta dos animais. O cortisol salivar reflete a resposta ao estresse ocorrida nos últimos 20 a 30 minutos, o cortisol urinário representa a secreção acumulada ao longo das horas de permanência da urina na bexiga,

enquanto a concentração de cortisol em fezes e pelos fornece informações sobre a exposição ao estresse durante períodos mais prolongados, variando de dias a semanas ou meses.

Além de refletir a intensidade da resposta fisiológica ao estresse, o monitoramento das concentrações de cortisol constitui uma importante ferramenta para avaliar a eficácia de estratégias destinadas a minimizar os efeitos negativos de agentes estressores. Entre essas estratégias, destaca-se a suplementação com vitamina C, cuja ação ocorre de forma predominantemente mediata, por meio da redução do estresse oxidativo, da proteção das células contra danos causados por espécies reativas de oxigênio e do suporte à resposta imunológica. Embora seus efeitos não sejam imediatos sobre a secreção de cortisol, a vitamina C pode favorecer a recuperação fisiológica dos animais após situações de estresse, contribuindo para a restauração da homeostase e para a redução dos impactos metabólicos decorrentes da ativação prolongada do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal.

5.5 EFEITOS DO CORTISOL ELEVADO SOBRE A SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL

O cortisol é um hormônio essencial para a adaptação dos animais frente a situações de desafio fisiológico. Entretanto, quando sua concentração permanece elevada por períodos prolongados, diversos efeitos negativos podem ser observados sobre a saúde, o bem-estar e o desempenho produtivo dos animais. Em condições de estresse, a secreção aumentada de cortisol promove alterações metabólicas destinadas a garantir maior disponibilidade energética, porém tais adaptações podem gerar consequências indesejáveis quando persistem por longos períodos (MORMÈDE et al., 2007).

Entre os principais efeitos metabólicos do cortisol destaca-se o aumento da gliconeogênese hepática e da mobilização de reservas corporais, favorecendo a utilização de proteínas e lipídios como fontes energéticas. Esse processo pode resultar em perda de peso corporal, redução da eficiência alimentar e menor desempenho produtivo, especialmente em animais submetidos a estressores prolongados, como transporte de longa duração, estresse térmico ou restrição hídrica (MOBERG; MENCH, 2000).

Além dos efeitos sobre o metabolismo energético, elevadas concentrações de cortisol estão associadas à redução da atividade imunológica. Os glicocorticoides exercem ação imunossupressora ao reduzir a proliferação de linfócitos e modular a produção de citocinas inflamatórias, tornando os animais mais susceptíveis ao desenvolvimento de enfermidades oportunistas. Essa condição é particularmente importante em sistemas intensivos de produção, nos quais diferentes fatores estressores podem atuar simultaneamente (MORMÈDE et al., 2007).

Além das alterações hormonais e imunológicas, níveis elevados de cortisol frequentemente estão associados ao aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e ao desenvolvimento de estresse oxidativo. Esse processo ocorre quando os mecanismos antioxidantes naturais do organismo tornam-se insuficientes para neutralizar os radicais livres produzidos durante situações de estresse intenso. Como consequência, podem ocorrer danos celulares, comprometimento da função imunológica e redução da capacidade adaptativa dos animais (AKINMOLADUN, 2022).

5.6 VITAMINA C: METABOLISMO E FUNÇÕES BIOLÓGICAS

A vitamina C, também denominada ácido ascórbico, é um composto hidrossolúvel que desempenha funções essenciais em diversos processos fisiológicos, incluindo a síntese de colágeno, o metabolismo energético, a biossíntese de catecolaminas, a cicatrização tecidual e a resposta imunológica. Além de atuar como cofator enzimático em diferentes reações metabólicas, participa da manutenção da integridade dos tecidos e do funcionamento adequado do sistema imune, contribuindo para a adaptação do organismo frente a desafios fisiológicos. Em ruminantes, embora seja sintetizada endogenamente no fígado, a demanda por vitamina C pode aumentar significativamente em situações de estresse intenso, tornando sua produção insuficiente para atender às necessidades do organismo (AKINMOLADUN, 2022).

A vitamina C exerce importante ação antioxidante por meio da doação de elétrons para neutralizar espécies reativas de oxigênio (EROs), reduzindo o estresse oxidativo e prevenindo danos às membranas celulares, proteínas e material genético. Além da neutralização direta dos

radicais livres, participa da regeneração da vitamina E oxidada, restaurando sua capacidade antioxidante e fortalecendo o sistema de defesa celular contra os processos oxidativos. Embora outros compostos, como a vitamina E (α -tocoferol), o selênio, o zinco e os polifenóis de origem vegetal, também apresentem propriedades antioxidantes, a vitamina C destaca-se por sua elevada capacidade de atuar no meio aquoso intra e extracelular, contribuindo para a manutenção da homeostase e para a recuperação fisiológica de animais submetidos a condições de estresse (AKINMOLADUN, 2022).

Diferentemente dos seres humanos, primatas e algumas outras espécies animais, os ruminantes possuem capacidade de sintetizar vitamina C de forma endógena a partir da glicose, principalmente no fígado. Nesse processo, a glicose é metabolizada por meio da via do ácido glucurônico, sendo convertida sucessivamente em diferentes intermediários até a formação da L-gulonolactona. Em seguida, a enzima *L-gulonolactona oxidase (GULO)*, funcional nos ruminantes, catalisa a conversão desse composto em ácido L-ascórbico (vitamina C). A presença dessa enzima permite que bovinos, ovinos e caprinos produzam vitamina C de forma contínua, dispensando, em condições fisiológicas normais, a suplementação dietética dessa vitamina. Entretanto, evidências científicas demonstram que situações de intenso desafio fisiológico, como transporte, estresse térmico, enfermidades e manejo intensivo, elevam significativamente a demanda metabólica por ácido ascórbico, podendo superar a capacidade de síntese endógena e tornar sua suplementação uma estratégia potencial para auxiliar na manutenção da homeostase e na recuperação fisiológica dos animais (AKINMOLADUN, 2022).

Entre os principais fatores capazes de aumentar a demanda por vitamina C destacam-se o estresse térmico, transporte, restrição hídrica, enfermidades infecciosas, gestação, lactação e manejo intensivo. Nessas condições, ocorre aumento da produção de radicais livres e do estresse oxidativo, favorecendo o consumo das reservas corporais de antioxidantes naturais. Como consequência, a suplementação exógena pode contribuir para restaurar o equilíbrio oxidativo e melhorar a capacidade adaptativa dos animais frente aos desafios ambientais e fisiológicos (AKINMOLADUN, 2022).

A principal função biológica da vitamina C está relacionada à sua atividade antioxidante. O ácido ascórbico atua neutralizando radicais livres e reduzindo danos oxidativos

em proteínas, lipídios e ácidos nucleicos. Além disso, participa da regeneração de outros antioxidantes biológicos, como a vitamina E, fortalecendo os mecanismos de defesa celular contra processos oxidativos induzidos pelo estresse (AKINMOLADUN, 2022).

Além da ação antioxidante, a vitamina C exerce importante papel sobre o sistema imunológico. Estudos demonstram que o ácido ascórbico contribui para a atividade funcional de neutrófilos, macrófagos e linfócitos, auxiliando na proteção contra agentes infecciosos e favorecendo a recuperação dos animais submetidos a condições adversas. A manutenção adequada dos níveis de vitamina C também está associada à redução dos efeitos imunossupressores frequentemente observados em situações de estresse prolongado (AKINMOLADUN, 2022).

Outro aspecto relevante refere-se às diferentes formas de administração da vitamina C. A suplementação oral apresenta vantagens relacionadas à praticidade e menor custo operacional. Entretanto, parte da vitamina ingerida pode sofrer degradação ou apresentar menor biodisponibilidade. Por outro lado, a administração parenteral permite rápida elevação das concentrações plasmáticas do ácido ascórbico, podendo proporcionar resposta fisiológica mais imediata em situações de estresse agudo. Dessa forma, a comparação entre diferentes vias de administração tem despertado crescente interesse na medicina veterinária e na produção animal (AKINMOLADUN, 2022).

5.7 VITAMINA C E ESTRESSE OXIDATIVO

Em animais de produção, diferentes fatores estressantes podem desencadear o estresse oxidativo, incluindo estresse térmico, restrição alimentar, restrição hídrica, doenças infecciosas, manejo intensivo e transporte. Essas situações promovem alterações fisiológicas capazes de aumentar a formação de radicais livres e, conseqüentemente, elevar o risco de danos celulares (AKINMOLADUN, 2022). Nos ruminantes, especialmente aqueles criados em regiões tropicais e semiáridas, a exposição simultânea a múltiplos agentes estressores potencializa ainda mais os efeitos do estresse oxidativo sobre o organismo (AKINMOLADUN, 2022).

O transporte é considerado uma das principais fontes de estresse em ovinos, pois envolve fatores como contenção, embarque, desembarque, vibração do veículo, jejum, privação hídrica e mudanças ambientais. Durante esse processo ocorre ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, resultando em aumento das concentrações de cortisol e intensificação da atividade metabólica. Como consequência, observa-se maior produção de espécies reativas de oxigênio, favorecendo a ocorrência de estresse oxidativo e dificultando a recuperação fisiológica dos animais após a viagem (AKINMOLADUN, 2022).

A vitamina C (ácido ascórbico) destaca-se como um dos principais antioxidantes hidrossolúveis presentes nos tecidos animais. Sua ação antioxidante ocorre por meio da doação de elétrons para moléculas oxidantes, neutralizando radicais livres antes que estes provoquem danos celulares. Além disso, o ácido ascórbico participa da regeneração de outros antioxidantes biológicos, especialmente a vitamina E, fortalecendo os sistemas de defesa antioxidante do organismo (AKINMOLADUN, 2022).

Embora os ruminantes possuam capacidade de sintetizar vitamina C no fígado, estudos demonstram que situações de estresse podem aumentar significativamente a demanda metabólica por esse nutriente. Nessas circunstâncias, a produção endógena pode não ser suficiente para suprir as necessidades fisiológicas do organismo, justificando a utilização de suplementação exógena como estratégia para minimizar os efeitos deletérios do estresse (AKINMOLADUN, 2022).

Além de sua atividade antioxidante, a vitamina C apresenta importante função imunomoduladora. O ácido ascórbico participa da proteção de leucócitos contra danos oxidativos, favorece a atividade funcional de neutrófilos e macrófagos e auxilia na manutenção da resposta imune durante períodos de desafio fisiológico. Dessa forma, sua suplementação pode contribuir para reduzir parte dos efeitos imunossupressores associados à elevação prolongada das concentrações de cortisol (AKINMOLADUN, 2022).

Diversos estudos realizados com ruminantes submetidos a condições estressantes demonstram que a suplementação de vitamina C pode contribuir para melhorar parâmetros fisiológicos relacionados ao bem-estar animal. Entre os benefícios relatados encontram-se

redução da frequência respiratória, melhora do equilíbrio fisiológico, diminuição das perdas de peso corporal e maior capacidade de adaptação frente a situações adversas, como estresse térmico, restrição hídrica e transporte (AKINMOLADUN, 2022).

Considerando que o transporte promove simultaneamente aumento das concentrações de cortisol e intensificação do estresse oxidativo, a utilização da vitamina C apresenta potencial para auxiliar na recuperação fisiológica dos ovinos após a exposição a esse desafio. Dessa forma, a avaliação dos níveis de cortisol após a administração de ácido ascórbico pode fornecer informações relevantes sobre a eficácia dessa estratégia na mitigação dos efeitos do estresse em ovinos transportados.

5.8 USO DA VITAMINA C EM ANIMAIS SUBMETIDOS AO ESTRESSE

O interesse pela utilização da vitamina C na produção animal tem aumentado nas últimas décadas devido ao seu potencial antioxidante, imunomodulador e protetor frente aos efeitos fisiológicos do estresse. Embora os ruminantes sejam capazes de sintetizar ácido ascórbico no fígado, diversos estudos demonstram que a produção endógena pode não ser suficiente para atender às demandas metabólicas impostas por situações estressantes, tornando a suplementação uma alternativa promissora para minimizar os impactos negativos sobre a saúde e o desempenho animal (PADILLA et al., 2006; LYKKESFELDT; SVENDSEN, 2007).

Entre os principais fatores capazes de aumentar a demanda por vitamina C destacam-se o transporte, o estresse térmico, a restrição hídrica, as enfermidades infecciosas, o manejo intensivo e as mudanças bruscas de ambiente. Nessas condições, ocorre aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e maior ativação dos mecanismos fisiológicos relacionados ao estresse, especialmente aqueles mediados pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e pela secreção de cortisol (MORMÈDE et al., 2007; SEJIAN et al., 2018).

Em pequenos ruminantes, diversos estudos têm demonstrado benefícios da suplementação de vitamina C durante situações estressantes. Kassab e Mohammed (2014) observaram que ovinos submetidos ao transporte apresentaram melhora de parâmetros

fisiológicos após a administração de vitamina C, indicando maior capacidade de adaptação às condições adversas. Resultados semelhantes foram relatados por Omontese et al. (2014) em caprinos, nos quais a suplementação contribuiu para reduzir indicadores fisiológicos associados ao estresse de transporte.

Em um estudo realizado com cabras Kalahari submetidas ao transporte, Biobaku et al. (2018) compararam a administração oral e intramuscular de ácido ascórbico. Os autores verificaram que ambas as vias de administração foram capazes de auxiliar na resposta dos animais ao estresse, observando alterações favoráveis em biomarcadores fisiológicos relacionados ao cortisol e ao estresse oxidativo. Além disso, os animais tratados por via intramuscular apresentaram melhor variabilidade da frequência cardíaca, indicando maior capacidade de adaptação ao desafio imposto pelo transporte.

Além do transporte, a eficácia da vitamina C tem sido investigada em situações de estresse térmico. Em ovinos submetidos a elevadas temperaturas ambientais, a administração de ácido ascórbico promoveu redução das concentrações séricas de cortisol e melhora de parâmetros hematológicos, sugerindo que a vitamina pode atuar na atenuação dos efeitos fisiológicos provocados pelo calor excessivo (OMIDI et al., 2014).

Em uma revisão abrangente sobre o uso da vitamina C em ruminantes, Akinmoladun (2022) destacou que a suplementação do ácido ascórbico tem sido associada à melhora da resposta imune, redução de indicadores fisiológicos de estresse, maior estabilidade metabólica e melhor capacidade adaptativa dos animais submetidos a diferentes desafios ambientais. Segundo o autor, embora ainda existam lacunas relacionadas às doses ideais e às melhores vias de administração, os resultados disponíveis indicam potencial significativo da vitamina C como ferramenta para mitigação dos efeitos do estresse em ruminantes.

5.9 POTENCIAL DA VITAMINA C NA MODULAÇÃO DOS NÍVEIS DE CORTISOL EM OVINOS

O cortisol é amplamente reconhecido como um dos principais biomarcadores fisiológicos utilizados para avaliação do estresse em animais de produção. Em ovinos, situações como transporte, contenção, manejo sanitário, estresse térmico e restrição alimentar promovem a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, resultando na elevação das concentrações circulantes desse hormônio (MORMÈDE et al., 2007; RODRIGUES et al., 2023). Embora a liberação de cortisol seja essencial para a adaptação do organismo frente a desafios ambientais, sua manutenção em níveis elevados por períodos prolongados pode comprometer a resposta imunológica, alterar o metabolismo energético e reduzir o bem-estar dos animais (MOBERG; MENCH, 2000).

Durante o deslocamento, os animais são expostos simultaneamente a diferentes agentes estressores, incluindo jejum, movimentação do veículo, restrição de espaço, mudanças ambientais e manipulação humana. Como consequência, ocorre intensa ativação neuroendócrina e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio, favorecendo o desenvolvimento de estresse oxidativo (RODRIGUES, 2025; AKINMOLADUN, 2022).

Estudos realizados em diferentes espécies de ruminantes indicam que a suplementação de vitamina C pode contribuir para a redução de indicadores fisiológicos relacionados ao estresse. Em caprinos submetidos ao transporte, a administração de ácido ascórbico promoveu melhorias em parâmetros fisiológicos e biomarcadores associados à resposta ao estresse, sugerindo efeito positivo sobre a adaptação dos animais às condições adversas (BIOBAKU et al., 2018). Resultados semelhantes foram observados em ovinos submetidos ao transporte de longa duração, nos quais a utilização de vitamina C esteve associada à redução de alterações fisiológicas relacionadas ao aumento do cortisol e à imunossupressão induzida pelo estresse (YANAR; AKTAS, 2021).

Embora os mecanismos exatos ainda não estejam completamente esclarecidos, evidências sugerem que a vitamina C pode modular indiretamente a resposta ao estresse por meio da redução dos danos oxidativos, da preservação da integridade celular e do

fortalecimento das defesas antioxidantes do organismo. Dessa forma, a menor intensidade do estresse oxidativo pode favorecer o restabelecimento da homeostase após a exposição a agentes estressores, reduzindo os impactos fisiológicos decorrentes da ativação prolongada do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA) e contribuindo para a recuperação dos animais. Entretanto, os efeitos da vitamina C sobre a resposta neuroendócrina ao estresse, especialmente sobre as concentrações circulantes de cortisol, ainda permanecem inconclusivos na literatura (AKINMOLADUN, 2022).

Outro aspecto que merece destaque refere-se à via de administração da vitamina C. A suplementação oral apresenta vantagens relacionadas à facilidade de aplicação, menor custo e maior praticidade em sistemas de produção, enquanto a administração parenteral promove rápida elevação das concentrações plasmáticas de ácido ascórbico, podendo resultar em maior biodisponibilidade imediata. Apesar dessas diferenças farmacocinéticas, ainda não está claramente estabelecido se a via de administração influencia a eficácia da vitamina C na modulação das respostas fisiológicas ao estresse em ovinos (BIOBAKU et al., 2018).

Embora existam estudos demonstrando os efeitos da vitamina C sobre parâmetros antioxidantes, imunológicos e metabólicos em diferentes espécies animais, são escassas as pesquisas que avaliam comparativamente a administração oral e injetável dessa vitamina sobre as concentrações de cortisol em ovinos submetidos ao estresse do transporte. Essa lacuna limita a compreensão dos possíveis benefícios da suplementação de vitamina C como estratégia para reduzir os efeitos fisiológicos do estresse e subsidiar recomendações técnicas para sua utilização em sistemas de produção de pequenos ruminantes.

Diante desse cenário, partiu-se da hipótese de que a administração de vitamina C, independentemente da via de fornecimento, favorece a recuperação fisiológica de ovinos submetidos ao transporte, reduzindo os efeitos da resposta ao estresse e promovendo menores concentrações séricas de cortisol quando comparada aos animais não suplementados. Assim, a comparação entre as vias oral e injetável poderá contribuir para esclarecer a eficácia dessa estratégia nutricional e gerar informações que auxiliem na adoção de práticas de manejo voltadas à promoção do bem-estar e da adaptação fisiológica dos ovinos frente a situações estressantes.

6. METODOLOGIA

6.1 AUTORIZAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

O estudo foi realizado de acordo com as recomendações do guia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. O protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, estado de Pernambuco, Brasil, sob o número de licença 4448060922.

6.2 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no mês de novembro de 2024, no Setor de Caprino-ovinocultura do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado em Recife. O local apresenta clima quente e úmido, com precipitação acima de 40 mm e temperatura média do ar sempre superior a 26° C e umidade relativa do ar alta, com variação de 71,0 a 80,7% para o mês de novembro.

6.3 ANIMAS E INSTALAÇÕES

Foram utilizados 22 cordeiros da raça Santa Inês, não castrados, com idades entre 90 e 120 dias e peso inicial médio de $22,51 \pm 2,24$ kg, oriundos de uma propriedade comercial. Os animais foram transportados por uma distância aproximada de 105 km, entre o município de Passira, Pernambuco, e o Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, durante a manhã do dia 24 de novembro de 2024. O transporte foi realizado em caminhão do tipo boiadeiro, com duração aproximada de três horas. Ao término do transporte, os animais foram desembarcados, identificados e pesados e alocados em um galpão de alvenaria aberto e coberto com telhas cerâmica, contendo baias individuais, com dimensões de 1,0 m x 1,8 m, construídas no tipo aprisco, suspensas com cerca de 1,0m de altura e equipadas com comedouros e bebedouros individuais, onde tinham acesso livre a água e feno de capim Tifton-85.

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em três tratamentos experimentais: (1) controle, sem suplementação de vitamina C; (2) vitamina C administrada por via oral; e (3) vitamina C administrada por via intramuscular.

6.4 COLETA DE AMOSTRAS

Imediatamente após a chegada dos animais, foi iniciado a identificação e posteriormente foi realizada a primeira coleta de sangue, servindo como base inicial para os dados. As amostras foram obtidas por venopunção jugular com auxílio de tubos siliconizados à vácuo (Vacutainer®) sem anticoagulante para obtenção de soro e em tubos contendo anticoagulante de fluoreto de sódio para obtenção do plasma. Após a coleta, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente, centrifugadas para obtenção do soro e plasma; as alíquotas de soro e plasma foram acondicionadas em microtubos de polietileno (tipo Eppendorf®) de 2 mL previamente identificados para posteriores análises.

Em seguida, houve a implementação dos tratamentos experimentais, em que cada grupo previamente definido de animais, recebeu a suplementação com vitamina C, conforme o caso. Os animais do tratamento oral receberam ácido ascórbico na dose de 125 mg/kg de peso corporal, conforme descrito por Kassab e Mohammed (2014), utilizando-se uma solução contendo 200 mg/mL, o que correspondeu a um volume médio de 12,5 mL por animal. Para o tratamento intramuscular, foi utilizada uma solução comercial contendo 500 mg/mL de ácido ascórbico, administrada na dose de 100 mg/kg de peso corporal, de acordo com a recomendação de Omontese et al. (2014), resultando em um volume médio de aproximadamente 4,5 mL por animal. Com o objetivo de padronizar os procedimentos experimentais, todos os animais receberam administração oral forçada e/ou aplicação intramuscular de solução salina, conforme o tratamento, de modo que todos fossem submetidos aos mesmos manejos e volumes de administração, independentemente da via de fornecimento da vitamina C.

Após esta etapa, os cordeiros tiveram acesso a água e ao feno e foram mantidos em suas respectivas baias individuais, com ambiente tranquilo, garantindo conforto e ausência de estímulos excessivos. As coletas foram repetidas 24 horas após a administração, com nova

venopunção jugular. O sangue coletado foi centrifugado para separação do soro e do plasma, que foram armazenados a -20 °C, para análises posteriores de cortisol em laboratório.

6.5 ANÁLISES SANGUÍNEAS

Foram analisados biomarcadores sanguíneos, incluindo enzimas Aspartato Aminotransferase (AST), Fosfatase Alcalina (FA), Gamma-Glutamiltransferase (GGT), lipídios (colesterol, triglicerídeos), frutossamina, ureia, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, albumina, cálcio total (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e cortisol no soro sanguíneo, enquanto no plasma foram avaliados os teores de glicose e lactato, a partir de kits comerciais Labtest® (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil) em analisador bioquímico automatizado Labtest® (Labtest®, Modelo Prestige 24i, Japão), no Laboratório de Doenças Metabólicas e Nutricionais – LDMN, seguindo as instruções do fabricante.

6.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram inicialmente avaliados quanto à normalidade dos resíduos. Para a comparação das variáveis obtidas nos mesmos animais em dois momentos de avaliação (antes e 24h após a administração da vitamina C), foi utilizado o teste t pareado, considerando-se a dependência entre as observações. As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software *SAS On Demand*.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada interação significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos e os tempos de coleta para nenhuma das variáveis avaliadas. Dessa forma, os resultados são apresentados separadamente para os efeitos dos tratamentos e dos momentos de avaliação. Os efeitos dos tratamentos e dos tempos de coleta sobre as concentrações de cortisol, os parâmetros sanguíneos e a atividade enzimática são apresentados na Tabela 1, enquanto os resultados referentes ao consumo de matéria seca, consumo de feno, consumo de H₂O e peso corporal são apresentados na Tabela 2.

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) nas concentrações séricas de cortisol entre os tratamentos avaliados (Tabela 1), indicando que a administração de vitamina C, tanto por via oral quanto intramuscular, não foi capaz de promover alterações mensuráveis na resposta endócrina dos cordeiros submetidos ao estresse do transporte. Embora os animais tratados por via oral tenham apresentado valores numericamente inferiores aos observados nos demais grupos, essa redução não foi suficiente para caracterizar efeito estatístico.

Tabela 1. Efeitos da suplementação de vitamina C e do tempo de avaliação sobre as concentrações séricas de cortisol, metabólitos sanguíneos e atividade enzimática de ovinos submetidos ao transporte rodoviário.

VARIÁVEL	Suplementação com Vitamina C			Tempo		P-valor		
	Controle	Intramuscular	Oral	0 hora	24 horas	Tratamentc	Tempo	Trat x Temp
Cortisol µg/L	16,95 ± 3,32	15,83 ± 3,55	12,44 ± 3,55	14,22 ± 2,56	15,92 ± 2,26	0,6409	0,6007	0,4370
Glicose (mg/dL)	70,92 ± 6,72	75,50 ± 7,18	67,25 ± 7,18	85,41± 5,62	57,03 ± 5,62	0,72280	0,0017	0,3564
Frutosamina (mg/dL)	141,85± 10,0€	162,24± 10,76€	125,70± 11,29	158,94± 8,93	127,60± 9,21	0,0883	0,0290	0,5037
Colesterol (mg/dL)	65,31± 5,26	60,64± 5,62	58,18± 5,62	61,79± 3,64	60,93± 3,64	0,6431	0,8117	0,5800
HDL (mg/dL)	31,57± 1,61	30,34± 1,73	28,68± 1,73	30,66± 1,35	29,72± 1,35		0,6195	0,6003
LDL (mg/dL)	17,62± 2,38	15,35± 2,54	15,00± 2,54	15,88± 1,57	16,10± 1,57	0,7159	0,8630	0,4553
Triglicerídeos (mg/dL)	15,29± 0,97	13,64± 1,03	14,69± 1,03	14,52± 0,77	14,56± 0,77	0,5212	0,9705	0,9625
Lactato(mg/dL)	8,12± 1,29	9,00± 1,38	10,72± 1,38	10,68± 1,00	7,88± 1,00	0,3997	0,0414	0,8526
Proteína(g/dL)	6,35± 0,3	5,99± 0,33	5,92± 0,33	6,23± 0,26	5,94± 0,26	0,6093	0,4295	0,8392
Albumina (g/dL)	2,81± 0,12	2,74± 1,13	2,62± 1,13	2,77± 0,11	2,68± 0,11	0,5515	0,6147	0,7244
Globulina (g/dL)	3,53± 0,24	3,25± 0,26	3,30± 0,26	3,46± 1,82	3,26± 1,82	0,7214	0,3303	0,9199
Ureia (mg/dL)	23,04± 2,48	16,80± 2,65	19,41± 2,65	20,60± 1,98	18,89± 1,98	0,2487	0,5173	0,9255
Creatinina (mg/dL)	0,71± 0,05	0,72± 0,05	0,65± 0,05	0,70± 0,04	0,68± 0,04	0,6468	0,7585	0,8731
Ácido úrico (mg/dL)	0,02±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,02±0,00	0,7717	0,2249	0,7152
AST (UI/L)	114,49± 10,97	98,67± 11,73	117,25±11,73	113,73± 8,35	106,54± 8,35	0,4907	0,4881	0,9271
GGT (UI/L)	39,38± 3,28	35,58± 3,51	32,54± 3,51	63,28± 2,33	35,38± 2,33	0,3796	0,7168	0,3236
ALT (UI/L)	11,35± 2,26	18,18± 2,42	17,96±2,42	15,83± 1,59	15,83± 1,59	0,0867	0,9983	0,9647
FA (UI/L)	220,69± 30,11	117,89± 32,19	139,27± 32,19	150,20± 20,76	168,34± 20,76	0,0690	0,3762	0,7029

Legenda tabela 01: HDL=lipoproteína de alta densidade, LDL= lipoproteína de baixa densidade, AST=Aspartato Aminotransferase, ALT= Alanina Aminotransferase, GGT=Gama-Glutamil Transferase, FA Fosfatase Alcalina.

O cortisol é um dos principais biomarcadores fisiológicos utilizados na avaliação do estresse em ruminantes, sendo amplamente empregado em estudos envolvendo transporte, manejo e bem-estar animal (Mormède et al., 2007; Broom, 2005). A elevação desse hormônio ocorre em resposta à ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), desencadeada por estímulos físicos e psicológicos capazes de comprometer a homeostase do organismo (Mormède et al., 2007).

Resultados semelhantes têm sido relatados na literatura. Segundo Akinmoladun (2022), embora a vitamina C apresente reconhecida ação antioxidante e potencial modulador da resposta ao estresse, os efeitos sobre a concentração plasmática de cortisol em ruminantes são inconsistentes e dependem de fatores como intensidade do estresse, duração da exposição, dose utilizada, via de administração e tempo de avaliação após a suplementação. Além disso, estudos sobre transporte de pequenos ruminantes demonstram que a resposta do cortisol pode variar consideravelmente em função das condições de manejo e do período de recuperação pós-transporte (Miranda-de la Lama et al., 2014; Piccione et al., 2010).

A ausência de efeito significativo observada neste experimento pode estar relacionada à combinação de diferentes fatores. Embora o transporte seja reconhecido como um importante agente estressor para ovinos, os animais deste estudo foram submetidos a um deslocamento de aproximadamente 105 km, com duração em torno de três horas, caracterizando um transporte de curta duração, inferior ao período geralmente associado às alterações fisiológicas mais intensas descritas na literatura para viagens superiores a oito horas. Dessa forma, é provável que os cordeiros tenham apresentado apenas um grau leve ou moderado de estresse, hipótese reforçada pelas concentrações de cortisol observadas, que devem ser interpretadas em conjunto com os valores de referência para a espécie.

Além disso, a vitamina C foi administrada apenas após a chegada dos animais ao local experimental, quando o principal estímulo estressor já havia cessado. Após a suplementação, os cordeiros permaneceram em baias individuais durante as 24 horas subsequentes, em

ambiente de repouso e sem a exposição a novos desafios de manejo, condição que provavelmente favoreceu a recuperação fisiológica espontânea. Esse período de descanso pode ter contribuído para a redução gradual da ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA), minimizando possíveis diferenças entre os tratamentos. De acordo com Piccione et al. (2010), alterações fisiológicas decorrentes do transporte tendem a retornar progressivamente aos valores basais após um período adequado de recuperação, especialmente quando os animais deixam de ser expostos ao agente estressor.

Outro aspecto relevante é que os ruminantes possuem capacidade de sintetizar vitamina C endogenamente no fígado. Entretanto, durante situações de estresse intenso, a demanda metabólica por antioxidantes pode superar a capacidade de síntese, justificando o interesse pela suplementação exógena (Akinmoladun, 2022). Apesar disso, ainda não existe consenso sobre a dose ideal ou sobre a melhor via de administração para obtenção de respostas consistentes em ovinos submetidos a fatores estressantes. Apesar disso, ainda não existe consenso sobre a dose ideal ou sobre a melhor via de administração para obtenção de respostas consistentes em ovinos submetidos a fatores estressantes.

Portanto, os resultados obtidos sugerem que uma única aplicação de vitamina C por via oral (125 mg/kg de peso corporal) ou por via intramuscular (100 mg/kg de peso corporal) não foi suficiente para promover alterações significativas nas concentrações séricas de cortisol durante as primeiras 24 horas após o transporte. Entretanto, esse resultado deve ser interpretado com cautela, uma vez que a eficácia da suplementação depende não apenas da dose e da via de administração, mas também da intensidade do desafio fisiológico imposto aos animais. Considerando que o transporte realizado teve duração aproximada de três horas (105 km), caracterizando um deslocamento de curta duração, é provável que os cordeiros tenham sido submetidos a um grau leve a moderado de estresse, o que pode ter limitado a magnitude da resposta endócrina e, conseqüentemente, dificultado a detecção de um possível efeito da vitamina C sobre a modulação da secreção de cortisol.

As concentrações séricas de glicose apresentaram redução significativa ao longo do período experimental, evidenciando efeito do tempo de coleta. Entretanto, os valores permaneceram dentro da faixa de referência para a espécie, indicando a manutenção da homeostase glicêmica durante o período avaliado. Embora situações de estresse possam

estimular a liberação de cortisol e catecolaminas, promovendo glicogenólise e gliconeogênese hepática para aumentar a disponibilidade de glicose circulante (Mormède et al., 2007; Sejian et al., 2018), neste estudo não foi realizada análise de correlação entre as concentrações de cortisol e glicose, não sendo possível atribuir diretamente a redução observada na glicemia às alterações na resposta endócrina ao estresse. Dessa forma, a diminuição da glicose ao longo do tempo provavelmente reflete a adaptação metabólica dos animais após o transporte e o restabelecimento gradual das condições fisiológicas, sem evidências de comprometimento do metabolismo energético.

A redução observada após 24 horas sugere diminuição gradual da ativação desses mecanismos adaptativos e retorno à condição fisiológica basal. Esse resultado reforça a hipótese de que o descanso proporcionado aos animais após a viagem contribuiu para a restauração da homeostase energética. De acordo com Piccione et al. (2010), alterações metabólicas induzidas pelo transporte tendem a diminuir após períodos de recuperação adequados.

A frutossamina apresentou redução significativa entre os momentos de coleta. Esse metabólito é formado pela ligação não enzimática da glicose às proteínas plasmáticas, principalmente à albumina, sendo considerado um indicador da glicemia média ao longo dos dias anteriores à coleta, e não das variações glicêmicas agudas. Dessa forma, diferentemente da glicose sérica, a frutossamina é pouco influenciada por alterações transitórias decorrentes do estresse momentâneo ou da alimentação recente, refletindo de forma mais estável o metabolismo glicídico do animal. Assim, embora tenha sido observada diferença entre os tempos de avaliação, a redução da frutossamina não pode ser atribuída exclusivamente às alterações metabólicas ocorridas nas 24 horas após o transporte, indicando que outros fatores fisiológicos podem ter contribuído para esse comportamento. Dessa forma, são necessários estudos adicionais para esclarecer a dinâmica desse biomarcador em ovinos submetidos ao estresse de transporte.

O lactato também apresentou redução significativa após 24 horas. Esse resultado pode estar associado à diminuição da atividade muscular intensa e da demanda energética anaeróbia observada durante o transporte. O aumento do lactato é frequentemente relacionado ao esforço físico, movimentação excessiva e manutenção do equilíbrio corporal durante o deslocamento

dos animais (Tirloni et al., 2021). Assim, sua redução demonstra restabelecimento do metabolismo energético após o período de repouso, corroborando observações descritas por Miranda-de la Lama et al. (2014) em animais submetidos ao transporte.

As concentrações de colesterol, HDL, LDL e triglicerídeos não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos ou períodos de avaliação. Esses resultados indicam que o transporte e a suplementação com vitamina C não promoveram alterações expressivas no metabolismo lipídico dos cordeiros durante o período experimental. Resultados semelhantes foram relatados por estudos que avaliaram o impacto do transporte sobre parâmetros metabólicos em ruminantes, nos quais alterações lipídicas nem sempre são observadas em períodos curtos de recuperação (Tirloni et al., 2021).

Da mesma forma, proteína total, albumina e globulinas permaneceram estáveis ao longo do estudo. A manutenção desses parâmetros sugere que os animais não apresentaram alterações importantes no estado nutricional, equilíbrio hídrico ou resposta inflamatória sistêmica durante as primeiras 24 horas após o transporte. Segundo Miranda-de la Lama et al. (2014), alterações nessas variáveis geralmente estão associadas a desafios mais prolongados ou a condições severas de estresse.

Os indicadores de função renal, representados pelas concentrações séricas de ureia, creatinina e ácido úrico, também permaneceram inalterados entre os tratamentos e os momentos de avaliação. Esses resultados sugerem que o transporte realizado, com duração aproximada de três horas (105 km), representou um desafio fisiológico de baixa intensidade, não sendo suficiente para provocar alterações detectáveis nesses marcadores. Além disso, os valores observados permaneceram dentro dos intervalos de referência para a espécie, indicando a manutenção da homeostase e da função renal dos animais durante o período experimental. A estabilidade desses parâmetros reforça a capacidade de adaptação fisiológica dos cordeiros às condições impostas pelo manejo e ao período de recuperação após o transporte.

Em relação às enzimas hepáticas AST, ALT, GGT e fosfatase alcalina, não foram observadas diferenças significativas. A estabilidade desses parâmetros sugere ausência de lesões hepáticas ou musculares relevantes decorrentes do transporte ou da administração de

vitamina C, corroborando a manutenção da integridade fisiológica dos cordeiros durante o período experimental. De acordo com Piccione et al. (2010), alterações nessas enzimas geralmente estão associadas a situações de estresse mais intenso ou prolongado.

De modo geral, os resultados demonstram que o principal fator responsável pelas alterações observadas foi o tempo de recuperação pós-transporte, e não a suplementação com vitamina C. Os efeitos observados neste estudo foram insuficientes para promover alterações significativas nos parâmetros hormonais e bioquímicos avaliados. Esses achados reforçam a importância do período de descanso pós-transporte como estratégia para a recuperação fisiológica dos animais e para o restabelecimento da homeostase metabólica (Miranda-de la Lama et al., 2014; Piccione et al., 2010).

Tabela 2. Efeitos da suplementação de vitamina C e do tempo de avaliação sobre as o consumo de matéria seca e água e peso corporal de ovinos submetidos ao transporte rodoviário.

VARIÁVEL	Suplementação com Vitamina C			Tempo		P-valor		
	Controle	Intramuscular	Oral	0 hora	24 horas	Tratamento	Tempo	Trat x Temp
CMS Kg	0,58 ± 0,07	0,46 ± 0,08	0,63 ± 0,08	0,80 ± 0,05	0,44 ± 0,05	0,8412	<,0001	0,6235
H2O L	2,29 ± 0,3	2,39 ± 0,32	2,15 ± 0,32	2,95 ± 0,25	1,60 ± 0,25	0,8692	0,0015	0,3777
Peso Kg	23,31 ± 0,82	23,40 ± 0,87	23,20 ± 0,87	22,51 ± 0,51	24,10 ± 0,51	0,9871	<,0001	0,8449

Legenda tabela 02: CMS= Consumo de matéria seca

O consumo de água foi influenciado pelo tempo de avaliação, reduzindo de $2,95 \pm 0,25$ L para $1,60 \pm 0,25$ L após 24 horas. Essa redução está relacionada ao processo de adaptação dos animais ao ambiente experimental após o transporte, pois o consumo de água varia bastante nas primeiras horas após viagens prolongadas, dependendo das condições de transporte, do tempo de jejum e da recuperação fisiológica dos animais, caso que se encaixa na situação dos animais do experimento.

A administração de vitamina C não influenciou o consumo de matéria seca nem o consumo de água, indicando que, nas condições desse experimento, a suplementação não alterou o comportamento alimentar ou hídrico dos cordeiros durante o período de recuperação.

Para o peso corporal, observou-se efeito significativo apenas do tempo de avaliação, com aumento dos valores médios após 24 horas. Esse resultado está relacionado à recuperação dos animais após o transporte, principalmente devido à reidratação e ao retorno do consumo de alimento pós longa viagem, favorecendo o restabelecimento do peso vivo. Perdas de peso durante no transporte acontecem em razão do jejum, da restrição de água e do gasto energético dos animais no tempo de viagem, sendo esperado que parte desse peso seja recuperada após um período de descanso.

Os resultados indicam que as alterações observadas no consumo de matéria seca, consumo de água e peso corporal foram consequência do processo natural de recuperação dos cordeiros após o transporte. A suplementação com vitamina C, independentemente da via de administração, não promoveu alterações significativas nessas variáveis durante o período avaliado.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A administração de ácido ascórbico por via oral (125 mg/kg de peso corporal) ou por via intramuscular (100 mg/kg de peso corporal), realizada imediatamente após o transporte, não promoveu alterações significativas nas concentrações séricas de cortisol quando comparada ao grupo controle. Da mesma forma, a suplementação não influenciou os parâmetros bioquímicos relacionados ao metabolismo proteico, lipídico, à função renal, à atividade enzimática hepática, ao consumo de matéria seca, ao consumo de água e ao peso corporal.

Em contrapartida, observou-se efeito significativo do tempo de avaliação sobre variáveis relacionadas ao metabolismo energético, indicando que as alterações vêm principalmente do processo de recuperação fisiológica dos animais após o transporte, evidenciando que o período de descanso exerceu maior influência sobre as respostas metabólicas do que a suplementação com vitamina C.

Embora a vitamina C seja reconhecida por sua importante atuação como antioxidante e por sua participação em mecanismos relacionados à defesa celular frente ao estresse oxidativo, os resultados deste estudo demonstram que sua eficácia depende de diversos fatores, incluindo dose, via de administração, momento de aplicação, intensidade do desafio e período de avaliação. Dessa forma, a ausência de efeito significativo sobre o cortisol e os demais

parâmetros avaliados podem estar relacionados ao fato de que os animais foram submetidos a um desafio fisiológico de baixa intensidade, considerando que o transporte apresentou duração aproximada de três horas. Protocolos experimentais envolvendo condições de maior desafio, como períodos de transporte prolongados, superiores a oito horas, associados a maior restrição de espaço, jejum prolongado e maior exposição a fatores estressores, podem induzir respostas fisiológicas mais intensas e permitir uma melhor avaliação do potencial modulador da vitamina C sobre a resposta ao estresse. Assim, a ausência de resposta significativa observada neste estudo não diminui a relevância da pesquisa, mas evidencia a complexidade das respostas fisiológicas ao estresse em ovinos e reforça a necessidade de protocolos experimentais específicos para determinar as condições em que a suplementação com ácido ascórbico pode apresentar maior efetividade.

Os resultados obtidos contribuem para ampliar o conhecimento sobre as respostas fisiológicas e bioquímicas de cordeiros submetidos ao transporte rodoviário e fornecem informações relevantes para futuras pesquisas sobre o uso de antioxidantes como ferramenta de manejo visando à promoção do bem-estar animal.

Por fim, recomenda-se que estudos futuros investiguem diferentes doses, vias e momentos de administração da vitamina C, incluindo sua utilização antes do transporte, aplicações repetidas e períodos mais longos de acompanhamento, bem como a avaliação de outros biomarcadores de estresse oxidativo e inflamação. Essas abordagens poderão fornecer evidências mais consistentes sobre o potencial da vitamina C na mitigação dos efeitos do estresse em ovinos.

9. REFERÊNCIAS

- ORODRIGUES, G. Q.; et al. Parâmetros fisiológicos utilizados na avaliação do estresse térmico em ovinos criados no Brasil: revisão sistemática. *Revista Coopex*, Patos, v. 14, n. 2, p. 1–15, 2023.
- AKINMOLADUN, O. F. *Stress amelioration potential of vitamin C in ruminants: a review*. *Tropical Animal Health and Production*, v. 54, 2022.

- BIOBAKU, K. T. et al. *Use of goat interleukin-6, cortisol, and some biomarkers to evaluate clinical suitability of two routes of ascorbic acid administration in transportation stress*. Veterinary World, 2018.
- BROOM, D. M. The effects of land transport on animal welfare. *Revue Scientifique et Technique (Office International des Epizooties)*, v. 24, n. 2, p. 683-691, 2005.
- COCKRAM, M. S. Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 106, n. 4, p. 234-243, 2007.
- KASSAB, A. Y.; MOHAMMED, A. A. Ascorbic acid administration as anti-stress before transportation of sheep. *Egyptian Journal of Animal Production*, v. 51, n. 1, p. 19-25, 2014.
- MIRANDA-DE LA LAMA, G. C. Transport and pre-slaughter logistics: definitions and current tendencies in animal welfare and meat quality. *Veterinary Research Communications*, 2013.
- MIRANDA-DE LA LAMA, G. C.; et al. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: a review. *Meat Science*, v. 98, n. 1, p. 9-20, 2014.
- MIRANDA-DE LA LAMA, G. C.; VILLARROEL, M. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain. *Veterinary Medicine International*, 2012.
- MOBERG, G. P.; MENCH, J. A. *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare*. Wallingford: CABI Publishing, 2000. 377 p.
- MORMÈDE, P. et al. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*, v. 92, p. 317–339, 2007.
- MORMÈDE, P.; et al. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*, Amsterdam, v. 92, n. 3, p. 317–339, 2007.
- MORMÈDE, P.; et al. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*, v. 92, n. 3, p. 317-339, 2007.
- OMIDI, A. et al. *Effects of vitamin C injection on some blood parameters under hyperacute heat stress in male Baluchi sheep*. 2014.
- OMONTESE, B. O. et al. Ascorbic acid enhances conception rates of Red Sokoto goats following progestin (FGA-30®, FGA-45® and CIDR®) treatment during the rainy season. *Livestock Research for Rural Development*, v. 26, n. 7, p. 130, 2014.
- PICCIONE, G.; et al. Influence of transportation on some physiological parameters in lambs. *Journal of Veterinary Behavior*, v. 5, n. 4, p. 201-205, 2010.
- POLLI, V. A.; et al. Estresse térmico e desempenho produtivo de ovinos: uma revisão. *Medicina Veterinária, Recife*, v. 14, n. 4, p. 337–348, 2020.

- REECE, William O. (Ed.). Dukes: fisiologia dos animais domésticos. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
- RODRIGUES, A. O. Impacto do tempo de transporte rodoviário nos biomarcadores de estresse, no peso corporal e na qualidade da carne de ovinos. UFMG, 2025.
- RODRIGUES, G. Q. et al. Parâmetros fisiológicos utilizados na avaliação do estresse térmico em ovinos criados no Brasil – revisão sistemática, 2023.
- RODRIGUES, A. O. Impacto do tempo de transporte rodoviário nos biomarcadores de estresse, no peso corporal e na qualidade da carne de ovinos. 2025. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.
- RODRIGUES, G. Q. et al. Parâmetros fisiológicos utilizados na avaliação do estresse térmico em ovinos criados no Brasil: revisão sistemática. *Revista Coopex*, v. 14, n. 2, 2023.
- POLLI, V. A. et al. Estresse térmico e o desempenho produtivo de ovinos: uma revisão. *Medicina Veterinária*, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2020.
- RODRIGUES, G. Q. et al. Parâmetros fisiológicos utilizados na avaliação do estresse térmico em ovinos criados no Brasil: revisão sistemática. *Revista Coopex*, v. 14, n. 2, 2023.
- SCHMIEDT, L. D. A. et al. Leucograma como indicador de estresse durante a avaliação parasitológica de ovinos (*Ovis aries*). *Archives of Veterinary Science*, v. 18, n. 1, p. 33–38, 2013.
- SEJIAN, V.; BHATTA, R.; et al. Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, v. 12, p. s431-s444, 2018.
- SORDILLO, L. M.; AKERS, R. M. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, v. 128, p. 104-109, 2009.
- TIRLONI, E.; BERNARDI, C.; STELLA, S. Transport stress in food animals and its impact on animal welfare and meat quality. *Italian Journal of Food Safety*, v. 10, n. 1, p. 17-24, 2021.
- WEIGEL, R. A.; ORTOLANI, E. L.; SUCUPIRA, M. C. A. Avaliação do metabolismo oxidativo de ovinos intoxicados por cobre e tratados com tetratiomolibdato associado ou não a vitaminas antioxidantes. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 47, n. 1, p. 31-37, 2010.
- YANAR, K. E.; AKTAS, M. S. *Investigation of the effect of Parapoxvirus ovis, Corynebacterium cutis lysate and vitamin C on immunosuppression caused by long-term transport stress in sheep*. Large Animal Review, 2021.

- YANAR, K. E.; AKTAS, M. S. Investigation of the effect of Parapoxvirus ovis, Corynebacterium cutis lysate and vitamin C on immunosuppression caused by long-term transport stress in sheep. *Large Animal Review, Cremona*, v. 27, n. 5, p. 201–206, 2021.
- YATOO, M. I.; SAXENA, A.; et al. Role of trace elements in animals: a review. *Veterinary World*, v. 6, n. 12, p. 963-967, 2013.
- BROOM, D. M.; GOODE, J. A.; HALL, S. J. G.; LLOYD, D. M.; PARROTT, R. F. Hormonal and physiological effects of a 15-hour road journey in sheep: comparison with the responses to loading, handling and penning in the absence of transport. *British Veterinary Journal*, v. 152, n. 5, p. 593-604, 1996.
- COCKRAM, M. S. Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 106, n. 4, p. 234-243, 2007.
- MIRANDA-DE LA LAMA, G. C.; VILLARROEL, M.; MARÍA, G. A. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: a review. *Meat Science*, v. 98, n. 1, p. 9-20, 2014.
- AKINMOLADUN, O. F. Vitamin C in ruminants: From deficiency to physiological and productive roles. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 9, 2022.
- BROOM, D. M.; GOODE, J. A.; HALL, S. J. G.; LLOYD, D. M.; PARROTT, R. F. Hormonal and physiological effects of a 15-hour road journey in sheep: comparison with the responses to loading, handling and penning in the absence of transport. *British Veterinary Journal*, v. 152, n. 5, p. 593-604, 1996.
- MIRANDA-DE LA LAMA, G. C.; VILLARROEL, M.; MARÍA, G. A. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: a review. *Meat Science*, v. 98, n. 1, p. 9-20, 2014.
- KASSAB, A. Y.; MOHAMMED, A. A. Ascorbic acid administration modulates the physiological responses of sheep transported by road. *Veterinary World*, v. 7, n. 12, p. 1035-1041, 2014.
- LYKKESFELDT, J.; SVENDSEN, O. Oxidants and antioxidants in disease: oxidative stress in farm animals. *The Veterinary Journal*, v. 173, p. 502-511, 2007.
- MORMÈDE, P. et al. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*, v. 92, p. 317-339, 2007.
- OMONTESE, B. O. et al. Effects of ascorbic acid on stress responses of goats during road transportation. *Nigerian Veterinary Journal*, v. 35, n. 3, p. 860-867, 2014.

PADILLA, L. et al. Vitamin C supplementation and antioxidant status in ruminants. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 90, p. 281-286, 2006.

SEJIAN, V. et al. Heat stress and goat welfare: adaptation and production considerations. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2018.