

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

**IMPACTO DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NOS
BIOMARCADORES DE ESTRESSE, NO PESO CORPORAL E NA
QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS**

Alexandre Oliveira Rodrigues

MONTES CLAROS 2025

ALEXANDRE OLIVEIRA RODRIGUES

**IMPACTO DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NOS
BIOMARCADORES DE ESTRESSE, NO PESO CORPORAL E NA
QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Animal do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Fredson Vieira e Silva

Co-orientadora: Luciana Castro Geraseev

Montes Claros, 2025

Rodrigues, Alexandre Oliveira.

R685i
2025

Impacto do tempo de transporte rodoviário nos biomarcadores de estresse, no peso corporal e na qualidade da carne de ovinos [manuscrito] / Alexandre Oliveira Rodrigues. Montes Claros, 2025.
70 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Animal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Fredson Vieira e Silva.

Banca examinadora: Fredson Vieira e Silva, Luciana Castro Geraseev, Laura Lúcia dos Santos Oliveira, Livia Vieira de Barros.

Inclui referências: f. 20-27; 48-53.

1. Produção animal - Teses. 2. Ovino - Criação - Teses. 3. Logística - Teses. I. Silva, Fredson Vieira e. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 636.32/.38



**Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Colegiado de Pós-Graduação em Produção Animal**

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 04 dias do mês de abril de 2025 às 8:00 horas, sob a Presidência do Professor Fredson Vieira e Silva, D. Sc. (Orientador – Unimontes) e com a participação dos Professores Luciana Castro Geraseev, D. Sc. (Coorientadora - UFMG/ICA), Livia Vieira de Barros, D. Sc. (UFMG) e Laura Lúcia dos Santos Oliveira, D. Sc. (Unimontes), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de defesa de dissertação de **Alexandre Oliveira Rodrigues**, aluno do Curso de Mestrado em Produção Animal. O resultado da defesa de dissertação intitulada “IMPACTO DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NOS BIOMARCADORES DE ESTRESSE, NO PESO CORPORAL E NA QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS”, sendo o aluno considerado aprovado. E, para constar, eu, Professor Fredson Vieira e Silva, Presidente da Banca, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 53 do regulamento e da resolução 05/2016 do Curso de Mestrado em Produção Animal.

Montes Claros, 04 de abril de 2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br FREDSON VIEIRA E SILVA
Data: 04/04/2025 10:53:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Fredson Vieira e Silva
Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br LUCIANA CASTRO GERASEEV
Data: 04/04/2025 10:56:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luciana Castro Geraseev
Coorientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br LIVIA VIEIRA DE BARROS
Data: 04/04/2025 11:47:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Livia Vieira de Barros
Membro

Documento assinado digitalmente
gov.br LAURA LUCIA DOS SANTOS OLIVEIRA
Data: 04/04/2025 13:11:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Laura Lúcia dos Santos Oliveira
Membro

DEDICATÓRIA

À Mônica, Maria Dorigem, Dermeval.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus, por despertar em meu coração o desejo de evoluir no conhecimento científico.

A minha esposa Mônica pelo amor e confiança.

Aos meus pais Dermeval Rodrigues e Maria Dovicem, por acreditarem sempre que a educação pode mudar a vida das pessoas, como tem mudado a nossa.

Aos meus irmãos, pelo incentivo constante.

Ao prof. Fredson, pela orientação, paciência e ensinamentos que levarei comigo na vida e na ciência.

Aos professores Felipe Gomes da Silva, Maximiliano Soares Pinto, Neide Judith Faria, Luciana Castro Geraseev e Fabio Luiz Buranelo Toral, coordenação e secretaria do mestrado em Produção Animal – ICA-UFMG.

Aos amigos Higor Alexandre e Hugo Calixto pela parceria.

Aos colegas do mestrado, por todos os momentos compartilhados durante a realização do mestrado.

Obrigada a todos que contribuíram para minha formação, crescimento profissional e pessoal.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa durante o mestrado. Registro também minhas felicitações à instituição, que em 2025 comemora 40 anos de atuação em prol do incentivo à ciência, tecnologia e inovação, contribuindo significativamente para o desenvolvimento econômico e social do estado de Minas Gerais.

“É melhor agir rápido de mais do que esperar tempo de mais”

Jack Welch.

RESUMO

Objetivou-se avaliar, por meio de meta-análise, o impacto do tempo de transporte rodoviário sobre os biomarcadores de estresse, o peso corporal e características da carne de ovinos. A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados eletrônicos (Scopus, Science Direct, SciELO e Web of Science), complementada pela análise de referências de artigos que abordavam a variável independente "tempo de transporte". Foram selecionados 40 estudos. A análise dos dados foi conduzida por meio de Modelos Mistos Aditivos Generalizados (GAMM), estimando os efeitos do tempo de transporte (0 a 48 horas) sobre as variáveis resposta: cortisol, glicose, ureia, proteínas totais, creatina quinase, lactato desidrogenase, hematócrito, pH, peso corporal e textura da carne. Os resultados indicaram que o cortisol se manteve estável ($p = 0,668$), enquanto a glicose diminuiu ($p = 0,027$); a ureia ($p = 0,044$) e as proteínas totais ($p = 0,013$) aumentaram; e o peso corporal ($p < 0,0001$) diminuiu ao longo do aumento do tempo de transporte. Os achados sugerem que o transporte rodoviário afeta significativamente os biomarcadores fisiológicos, atingindo concentrações que podem comprometer o bem-estar animal. Com base nas evidências analisadas, recomenda-se que o transporte de ovinos seja limitado a um máximo de 12 horas, a fim de minimizar os impactos negativos sobre os animais.

PALAVRAS CHAVE: bem-estar; distresse; logística de transporte; pré-abate; qualidade de carne.

ABSTRACT

The objective was to evaluate, through meta-analysis, the impact of road transport duration on stress biomarkers, body weight, and meat characteristics in sheep. A literature search was conducted using electronic databases (Scopus, Science Direct, SciELO, and Web of Science), complemented by an analysis of references from articles that addressed the independent variable "transport time." A total of 40 studies were selected. Data analysis was performed using Generalized Additive Mixed Models (GAMM), estimating the effects of transport duration (0 to 48 hours) on the response variables: cortisol, glucose, urea, total proteins, creatine kinase, lactate dehydrogenase, hematocrit, pH, body weight, and meat texture. The results indicated that cortisol levels remained stable ($p = 0.668$), while glucose levels decreased ($p = 0.027$); urea ($p = 0.044$) and total proteins ($p = 0.013$) increased; and body weight ($p < 0.0001$) decreased as transport time increased. The findings suggest that road transport significantly affects physiological biomarkers, reaching concentrations that may compromise animal welfare. Based on the analyzed evidence, it is recommended that sheep transport be limited to a maximum of 12 hours in order to minimize negative impacts on the animals.

KEYWORDS: welfare; distress; transport logistics; pre-slaughter; meat quality.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CK	Creatina quinase
LDH	Lactato desidrogenase
CONCEA	Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
ONU	Organização das Nações Unidas
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
OIE	Organização Mundial da Saúde Animal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CRH	Hormônio Corticotropina
ACTH	Hormônio Adrenocorticotrófico
REML	Máxima verossimilhança restrita
PCV	Hematócrito
PT	Proteínas totais
NO	Números de observações
QA	Quantidade de artigos
VR	Valor de referência
Cta	Categoria animal
NC	Não citado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 BREVE RELATO DA PRODUÇÃO DE CARNE DE OVINOS NO MUNDO	14
3.2 BEM-ESTAR ANIMAL	14
3.3 TRANSPORTE DE OVINOS.....	15
3.4 AVALIAÇÃO DO BEM-ESTAR ANIMAL NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE OVINOS DESTINADOS PARA O ABATE.....	17
3.5 EFEITOS DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO EM OVINOS	19
4 ARTIGO.....	29
4.1 META-ANÁLISE: IMPACTO DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NOS BIOMARCADORES DE ESTRESSE, O PESO CORPORAL E NA QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS.....	29
META-ANÁLISE: IMPACTO DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NOS BIOMARCADORES DE ESTRESSE, O PESO CORPORAL E NA QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS	30

1 INTRODUÇÃO

O bem-estar no período pré-abate é essencial para preservar a qualidade de vida dos animais e reduzir alterações fisiológicas causadas por estressores. Inadequações nesse período comprometem o bem-estar animal e podem impactar as características da carcaça e da carne (Carnovale et al., 2021; De La Fuente et al., 2010; Ekiz et al., 2019; Knowles et al., 1998; Menchetti et al., 2021; Silva et al., 2023), principalmente pelo tempo de transporte (Dalmau et al., 2014).

As recomendações sobre o tempo máximo de transporte de ovinos na União Europeia e em outros regulamentos internacionais baseiam-se no bem-estar animal. No Brasil, a Instrução Normativa nº 46/2018 estabelece um limite de 12 horas, exigindo medidas para mitigar os efeitos do estresse caso esse período seja excedido (Brasil, 2018). O Código Sanitário para Animais Terrestres da Organização Mundial da Saúde Animal (OIE, 2013) recomenda um limite de 8 horas, pois estudos indicam que transportes prolongados (acima de 8 horas) aumentam a desidratação e o estresse metabólico, evidenciado pela elevação da ureia plasmática e redução dos níveis de glicose plasmática (Knowles et al., 1994; Krawczel et al., 2007).

Existe ampla diversidade de informações e diferentes escopos reportados em artigos científicos sobre o transporte de ovinos, particularmente relacionados com a duração do transporte e os seus efeitos negativos que afetam o bem-estar animal (Chulayo *et al.*, 2013; Çelik *et al.*, 2021; Hall *et al.*, 1999; Tarumán *et al.*, 2008). A padronização dos procedimentos de transporte e descanso de animais é fundamental para minimizar impactos negativos sobre o bem-estar animal, especialmente considerando as divergências e lacunas existentes nas práticas e recomendações atuais.

Apesar da existência de diretrizes regulatórias, estudos recentes têm evidenciado uma considerável variabilidade nos resultados, bem como a ausência de consenso sobre a duração ideal do transporte. Essa inconsistência ressalta a necessidade de investigações adicionais para a formulação de protocolos mais eficazes e baseados em evidências científicas (Akin et al., 2018; Carnovale et al., 2021; Messori et al., 2017; Yalcintan et al., 2018). Uma meta-análise permite consolidar estudos sobre um mesmo tema, mesmo quando apresentados resultados variados, possibilitando a combinação de dados para detectar efeitos positivos ou negativos, identificar padrões e avaliar a variabilidade nos achados com imparcialidade nas contribuições (Elwood, 2017; Leandro, 2005; Vesterinen *et al.*, 2014).

Por meio de meta-análise, este estudo busca sintetizar os dados disponíveis, identificar padrões e variáveis críticas, como também preencher essas lacunas. Assim espera-se contribuir com conhecimentos que subsidiem práticas mais eficazes para o transporte de ovinos, promovendo o bem-estar animal.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se avaliar se o tempo de transporte rodoviário influencia os biomarcadores de estresse, o peso corporal e a qualidade da carne de ovinos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar se são influenciadas pelo tempo de transporte rodoviário:

- Os pesos corporais;
- As variáveis fisiológicas, tais como, atividade de creatina quinase e lactato desidrogenase, concentrações de cortisol, glicose, ureia, PCV volume de células compactadas e proteínas totais;
- Os parâmetros relacionados à qualidade da carne, como força de cisalhamento e pH.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 BREVE RELATO DA PRODUÇÃO DE CARNE DE OVINOS NO MUNDO

A ovinocultura desempenha papel estratégico em diversos sistemas agropecuários, especialmente em regiões de clima temperado e semiárido. O rebanho mundial é estimado em cerca de 1 bilhão de cabeças, com produção anual de 14 milhões de toneladas de carne, o que representa aproximadamente 3% da produção global de carnes. Embora o consumo per capita médio seja de apenas 2,5 kg por ano, frente a 41,6 kg de carne total, a carne ovina tem importância regional significativa. A criação está concentrada entre as latitudes 35–55°N e 30–45°S, abrangendo Europa, Ásia, América do Sul, Austrália e Nova Zelândia, enquanto regiões tropicais semiáridas da África e Ásia abrigam o restante do rebanho (Morris, 2017).

A população humana mundial tem crescido de forma contínua e acelerada. Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2024), estima-se que atingirá 9,7 bilhões até 2050. De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2024), essa tendência de crescimento implica o aumento da demanda por alimentos nas próximas décadas e das preocupações com a segurança alimentar e com os desafios climáticos. Portanto, garantir o fornecimento adequado de alimentos para a população em crescimento é essencial, assim como aperfeiçoar a utilização dos recursos alimentares disponíveis.

O crescimento dos rebanhos ovinos no Brasil, observado entre 2019 e 2023, ocorreu principalmente na região Nordeste, embora também tenha sido registrado nas regiões Sul e Centro-Oeste. Esse aumento tende a contribuir para a expansão do número de estabelecimentos destinados ao abate de animais, além de aprimorar a produtividade e outros fatores associados (IBGE, 2023).

3.2 BEM-ESTAR ANIMAL

Os pressupostos de bem-estar ajudam a garantir a qualidade de vida do animal, observando aqueles descritos nas “cinco liberdades”, que são: liberdade de fome, sede e má-nutrição; de medo e angústia; de desconforto físico e térmico; de dor, injúria e doença; e liberdade para expressar os padrões normais de comportamento (OIE, 2013).

O bem-estar animal é condição identificada em relação às tentativas de adaptar-se ao ambiente (Broom *et al.*, 1996). Esta definição refere-se às características do

indivíduo em um determinado momento. A base do conceito envolve como o indivíduo passa por fases da sua vida (Broom *et al.*, 2004).

Manter altos padrões de bem-estar na criação pode interferir positivamente na qualidade da carne produzida e, portanto, gerar alto retorno econômico para produtores e abatedouros frigoríficos. Em relação ao manejo pré-abate, o bem-estar precisa ser considerado desde o jejum dos animais na fazenda e se estende por todo o período *ante mortem* (Brennecke, 2021).

Assim, é importante considerar condutas comportamentais, padrões de locomoção e ambiente familiar (Averós, 2014). As medidas implementadas no pré-embarque são essenciais para promover o bem-estar animal no transporte, para minimizar as variações nos indicadores fisiológicos e atenuar o estresse térmico e metabólico (Carnovale *et al.*, 2021; Pascual *et al.*, 2017).

A indústria de abate em muitos países se reestruturou de instalações em centros menores para locais maiores, resultando em jornadas mais longas de transporte de animais vivos. Isso pode implicar em um maior risco do comprometimento do bem-estar animal e da qualidade da carne de ovinos, por causa do estresse e de lesões decorrentes da não observância dos critérios de boas práticas para transporte e inadequações nesta etapa importante do processo de abate (Hultgren *et al.*, 2016).

A gestão eficiente do transporte e do alojamento é fundamental para garantir o bem-estar animal. Fatores como a duração do transporte, a alimentação, a hidratação e as características individuais dos animais desempenham papéis cruciais na diminuição do estresse e outros agentes estressores (Ekiz *et al.*, 2012; Andronie *et al.*, 2011; De la fuente *et al.*, 2012; Zhong *et al.*, 2011).

A complexidade do bem-estar animal no transporte rodoviário envolve diversas variáveis físicas, comportamentais e fisiológicas, exigindo estudos aprofundados para o desenvolvimento de práticas adequadas e eticamente sustentáveis (Akin *et al.*, 2018).

3.3 TRANSPORTE DE OVINOS

A cadeia logística do deslocamento rodoviário de ovinos é atividade estratégica na ovinocultura de corte, e pode incluir diversos fatores de risco para os animais, desde o modo de embarque realizado na propriedade, ao transporte da fazenda até o abatedouro e o desembarque no frigorífico (Etim *et al.*, 2013; Miranda-De La Lama *et al.*, 2010).

O transporte é etapa importante da atividade na agroindústria da carne. Durante décadas, o transporte de ovinos foi discutido como possivelmente prejudicial ao bem-

estar animal ligado aos agentes estressores (Cockram *et al.*, 1996; Kadim *et al.*, 2006; Teke *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2023). Geralmente impõe estresse ao animal e pode levar ao esgotamento das reservas de glicogênio muscular antes do abate e, subsequentemente, o pH final da carne aumenta e resulta em cortes mais escura e com menor suculência (Kadim *et al.*, 2006).

Neste período, os animais podem ser expostos a vários estímulos desafiadores, incluindo: maior manipulação e contato com o ser humano; transporte; ambientes desconhecidos; privação de alimentos e água; mudanças na estrutura social por causa de separação e mistura, e diferenças nas condições climáticas (Adzitey, 2011; Ferguson *et al.*, 2008). A depleção de glicogênio muscular pode causar câimbras e lesões, e altera diretamente a integridade do sistema musculoesquelético (Kadim *et al.*, 2009; Sariokzan *et al.*, 2009).

Reduzir o tempo de transporte dos animais durante o trajeto pode diminuir as concentrações de constituintes sanguíneos relacionados ao estresse nos animais e as perdas das reservas corporais após jornada (Tadich *et al.*, 2009). O aumento do tempo de transporte pode causar perda de peso, e alterar as respostas hematológicas e bioquímicas em ovinos.

O prolongamento da jornada de transporte resulta em perda significativa de peso, além de causar alterações nas concentrações de cortisol e de glicose sanguínea, embora os parâmetros possam permanecer dentro da faixa e normalidade para ovinos saudáveis. Ovinos toleram efeitos adversos por 12 horas, e o manejo adequado é essencial para minimizar impactos negativos (Lendrawati *et al.*, 2020). O intervalo de espera proporciona a oportunidade para atenuar o estresse decorrente do transporte pré-abate. Entretanto, é este período de espera nas instalações do abatedouro introduz ambiente novo, frequentemente caracterizado por privação alimentar, com potencial de induzir estresse adicional nos animais (Fauciatano, 1998; Liu *et al.*, 2012).

Seguir as diretrizes, promovendo o bem-estar animal por meio de limites para o tempo de transporte, condições adequadas nos veículos, treinamento dos transportadores e monitoramento contínuo das práticas de transporte para evitar o sofrimento animal e reduzir perdas por meio da melhoria das condições de transporte permite a abordagem integrada do bem-estar animal (Pulido *et al.*, 2019).

A implementação de manejo cuidadoso é valiosa e pode ajudar a reduzir o tempo necessário para a recuperação dos animais antes do abate. Assim, produtores e transportadores precisam estar cientes e utilizar de forma ética as melhores práticas e

diretrizes, para garantir a saúde e bem-estar dos animais no deslocamento (Knowles *et al.*, 1993).

3.4 AVALIAÇÃO DO BEM-ESTAR ANIMAL NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE OVINOS DESTINADOS PARA O ABATE

O estresse pode ser exacerbado por manuseio e falta de aclimatação antes do transporte. Embora outras condições observadas no transporte não provoquem sintomas extremos, vibrações e ruídos ocorridos durante o transporte podem ser prejudiciais ao bem-estar animal (Hall *et al.*, 1999). Broom e Fraser (2010) descreveram indicadores fisiológicos que ajudam na verificação do bem-estar que estão envolvidos com problemas de curto prazo (tabela 1).

Tabela 1 – Indicadores fisiológicos de bem-estar.

Agente estressante	Variável(is) fisiológica(s)
Privação de alimento	Glicose, ureia
Desidratação	Osmolalidade, proteínas totais, albumina,
Esforço físico	CK ¹ , LDH ² , lactato
Medo/excitação	Cortisol, frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca, frequência respiratória, LDH
Enjoo durante o transporte	Vasopressina
Inflamação, respostas imunológicas grandes	Proteínas da fase aguda, por exemplo, haptoglobulina, proteína reativa C, soroamiloide A
Hipotermia/hipertermia	Alteração da temperatura do corpo e da pele, prolactina

Fonte: adaptado de Broom e Fraser (2010)

Nota: ¹creatina quinase; ²lactato desidrogenase.

As diretrizes aplicáveis ao transporte de bovinos, búfalos, cervos, camelídeos, ovinos, caprinos, suínos e equinos estão descritas no documento “Código Sanitário para Animais Terrestres (2013)” da OIE. Neste documento são apresentadas recomendações sobre o bem-estar animal, com especificações de princípios, bases científicas para sustentar as diretrizes, características fundamentais de comportamento animal, responsabilidades e competências envolvidas, além do planejamento da jornada e a documentação necessária para cada espécie (OIE, 2013).

Os mecanismos pelos quais o animal responde às alterações fisiológicas envolvem

o sistema nervoso, endócrino e imunológico. No cérebro, o estresse é detectado no hipotálamo, o qual libera o hormônio liberador de corticotropina (CRH). Em resposta, a hipófise secreta o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), e este estimula as glândulas adrenais a liberarem cortisol na corrente sanguínea (Broom; Fraser, 2010). O cortisol é hormônio utilizado como marcador de estresse. As concentrações aumentadas de cortisol após o transporte podem estar relacionadas à duração da jornada, e suas concentrações variam conforme o tempo de descanso (Ekiz *et al.*, 2012, Liu *et al.*, 2012). O aumento nas concentrações de cortisol é indicativo do impacto negativo do estresse causado por transporte na saúde dos ovinos, podendo levar a consequências de curto e longo prazo para o bem-estar animal (Kumar *et al.*, 2003).

Os animais destinados ao abate, quando transportados em rodovias, estão expostos a diversos agentes estressores, os quais podem reduzir a qualidade da carne (Carnovale *et al.*, 2021). Nesse contexto, com foco no bem-estar animal, é importante observar a relevância desses agentes, que podem indicar variações nos indicadores de qualidade da carne e na sua aplicação (Silva *et al.*, 2017). Podendo provocar catabolismo e os efeitos imunossupressores (Polido *et al.*, 2019). Esses processos ativam vias metabólicas, como a lipólise, glicólise e gliconeogênese, que afetam qualidade da carne (Lendrawati *et al.*, 2020).

O balanço entre insulina e glucagon controla a glicemia, e em jejum prolongado, a mobilização de ácidos graxos estimula a produção de corpos cetônicos, que atuam como fonte alternativa de energia, diminuindo a dependência da glicose (Heitmann *et al.*, 1986).

A proteólise libera aminoácidos e aumenta a concentração de amônia, elevando a produção de ureia no fígado por desaminação (Milano *et al.*, 2000; Milley, 1993).

O PCV, frequentemente usado como indicador de hidratação e resposta ao estresse em animais, pode aumentar significativamente e estar relacionado à duração do transporte, proporcional ao tempo de privação de alimentos e de água (Lendrawati *et al.*, 2020).

A perda de peso durante o transporte de ovinos é aspecto crítico, pois interfere negativamente no bem-estar dos animais e pode resultar em reduções progressivas de até 12% do peso corporal em jornadas prolongadas. Essas perdas são atribuídas a desidratação, estresse e jejum (Fisher *et al.*, 2010). Piccione (2012) sugere que os efeitos do transporte de ovinos provocam mudanças nas concentrações de proteínas de fase aguda, as quais podem ser utilizadas como indicadores de estresse durante o

processo.

As concentrações elevadas de creatina quinase (CK) podem não estar necessariamente associadas a lesões aparentes, mas podem indicar a ocorrência futuras de contusões na carcaça, frequentemente relacionadas a condições inadequadas durante o transporte (Tarumán *et al.*, 2008). O tempo de transporte é um estressor crítico que pode influenciar significativamente alterações na composição muscular e o aumento das concentrações hormonais, comprometendo a condição física dos animais e, ao influenciar o estresse e a saúde, pode ter um efeito direto na qualidade da carne (Pascual-Alonso *et al.*, 2017).

3.5 EFEITOS DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO EM OVINOS

O transporte rodoviário é uma das etapas mais críticas na cadeia de produção animal, especialmente em ovinos, pois representa um fator estressor capaz de comprometer o bem-estar e influenciar diretamente a fisiologia dos animais. Entre os principais efeitos desse estresse destacam-se a mobilização das reservas de glicogênio muscular, refletida em alterações de biomarcadores como creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH), que indicam lesão e fadiga muscular (De La Fuent *et al.*, 2010). Esses distúrbios fisiológicos podem ser acompanhados por perda de peso durante o trajeto e, posteriormente, impactar na qualidade da carne, sobretudo nos valores de pH, um parâmetro decisivo para características sensoriais como cor, textura e sabor (Sanchez-Sanchez *et al.*, 2013).

A mensuração de catecolaminas e cortisol permite avaliar o grau de estresse em animais, pois reflete resposta em função da intensidade do estressor durante o transporte (Ali *et al.*, 2006; Kadim *et al.*, 2006; Pascual-Alonso *et al.*, 2017). As concentrações de cortisol, glicose e albumina, a atividade lactato desidrogenase e osmolaridade foram maiores em cordeiros lactentes transportados por 40 minutos quando comparados aos transportados por 4,57h (De La Fuent *et al.*, 2012). Em cordeiros transportados por 45 minutos demonstraram concentrações de glicose, cortisol e lactato desidrogenase foram superiores (Akin *et al.*, 2018). As concentrações de glicose, cortisol e creatina quinase (CK) apresentaram valores mais altos em animais transportados por 60 minutos (Pettiford *et al.*, 2008).

O transporte introduziu aumento nas concentrações de cortisol durante a jornada e uma resposta aguda ao estresse decorrente da jornada (Parrott *et al.*, 1998). A

adaptação ao carregamento e início do transporte em ovinos ocorreu 3 horas na maioria dos animais, mas a liberação de hormônios do estresse foi evidenciada no período de 15 horas de transporte (Broom *et al.*, 1996).

Messori *et al.* (2015) verificaram que ovinos adultos, transportados em boas condições, podem tolerar transportes de até 29 horas sem prejuízo ao bem-estar. Durante o transporte com duração de 6 h, ocorreram mudança temporária na variável fisiológica cortisol, indicativa de estresse. Respostas exibidas no carregamento e no início do processo foram observadas, porém, os animais se habituaram rapidamente às condições de transporte (Pettiford *et al.*, 2008).

Existem reflexos negativos do tempo de transporte em ovinos condicionado à duração de até 48h, como o aumento da hemoconcentração na chegada e a redução do peso corporal, os quais inteferem no rendimento de carcaça. Porém, esses efeitos não atingiram limiares inaceitáveis de bem-estar (Fisher *et al.*, 2010).

O tempo de transporte pode influenciar o peso e o teor de gordura da carne, resultando em desequilíbrios na qualidade em relação ao custo-benefício (Álvarez *et al.*, 2022). Durante o transporte, a perda de peso pode ser explicada por meio de desidratação ou consumo de energia. A desidratação ocorre por causa da perda de líquidos relacionada à sudorese, excreção ou aumento da exalação, mecanismo utilizado para regular a temperatura corporal. O consumo de energia durante o transporte geralmente é resultado da metabolização de gordura e proteína utilizadas para compensar as reservas reduzidas de glicose. Os cordeiros usam estas reservas energéticas para a homeostase, adaptando-se ao ambiente do veículo e ao período de privação alimentar (Knowles, 1995; Messori *et al.*, 2017).

Durante o jejum a perda de peso e a alteração das características da carcaça são influenciadas pela condição da gordura corporal. Em transporte prolongado ou atrasos, ocorre metabolismo catabólico decorrente da necessidade de energia, e resulta em lipólise do tecido adiposo para a produção de precursores de glicose, como ácidos graxos e glicerol. Esse efeito é mais evidente em animais com baixo percentual de gordura, nos quais a perda de peso se torna mais pronunciada (Lendrawati *et al.*, 2020; Thompson *et al.*, 1987).

O transporte de animais destinados ao abate em jornadas mais longas pode resultar em perdas de peso significativas em comparação aos ovinos não transportados. Para que os animais recuperem-se de forma satisfatória e reduzir os custos associados à perda de peso, recomenda-se o fornecimento alimento e água *ad libitum* após longa

jornada de transporte (Sariokzan *et al.*, 2009). Período de espera de 2,5; 5 e 15h foram suficientes para a recuperação dos parâmetros de estresse como o cortisol, dependendo das condições de transporte e manejo às quais os animais foram expostos (Yalcitan *et al.*, 2018).

REFERÊNCIAS

- ABUBAKAR, A.A.; ZULKIFLI, I.; GOH, Y.M.; *et al.* The effects of stocking density and distances on electroencephalographic changes and cortisol as welfare indicators in brahman crossbred cattle. **Animals**, v. 11, n. 10, 2021.
- ADZITEY, F. Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality. **International Food Research Journal**, v. 18, n. 2, 2011.
- AGUAYO-ULLOA, Lorena; PERDOMO-AYOLA, Sandra Carolina. Bienestar animal y calidad de la canal en ovinos de pelo beneficiados en un frigorífico de Córdoba, Colombia. **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 22, n. 1, 2021. Disponível em: <<https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1836>>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- AKIN, P.D.; YILMAZ, A.; EKIZ, B. Effects of stocking density on stress responses and meat quality characteristics of lambs transported for 45 minutes or 3 hours. **Small Ruminant Research**, v. 169, p. 134–139, 2018.
- AL-DOUSARI, A.M.; ALSALEH, A.; AHMED, M.; *et al.* Off-Road Vehicle Tracks and Grazing Points in Relation to Soil Compaction and Land Degradation. **Earth Systems and Environment**, v. 3, n. 3, p. 471–482, 2019.
- ALI, B.H.; AL-QARAWI, A.A.; MOUSA, H.M. Stress associated with road transportation in desert sheep and goats, and the effect of pretreatment with xylazine or sodium betaine. **Research in Veterinary Science**, v. 80, n. 3, p. 343–348, 2006.
- ARSLAN, Korhan; DALDABAN, Fadime; KECICI, Pembe Dilara; *et al.* Relationship between transport-induced stress and the expression levels of some genes in the peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR) signaling pathway in Kivircik lambs. **Small Ruminant Research**, v. 212, p. 106708, 2022.
- AVERÓS, Xavier; LOREA, Areta; HEREDIA, Ignacia Beltrán de; *et al.* Space Availability in Confined Sheep during Pregnancy, Effects in Movement Patterns and Use of Space. **PLOS ONE**, v. 9, n. 4, p. e94767, 2014.
- BALDOCK, N.M.; SIBLY, R.M. Effects of handling and transportation on the heart rate and behaviour of sheep. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 28, n. 1–2, p. 15–39, 1990.
- BOZDOGAN, Hamparsum. Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**, v. 52, n. 3, p. 345–370, 1987.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2018**. Dispõe sobre os requisitos para a produção e a comercialização de sementes de espécies forrageiras. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 195, p. 7, 10 out. 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br/>. Acesso em: 10 fev. 2025, às 12h34.
- BRENNECKE, Käthery; ZEFERINO, Cynthia P.; SOARES, Vando Edésio; *et al.* Welfare during pre-slaughter handling and carcass lesions of beef cattle submitted to different loading densities. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 40, p. 985–991, 2021.
- BROOM, D. M.; GOODE, J. A.; HALL, S. J. G.; *et al.* 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.
- BROOM, D.M.; MOLENTO, C.F.M. BEM-ESTAR ANIMAL: CONCEITO E QUESTÕES RELACIONADAS REVISÃO. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, 2004. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/4057>>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- BUCHENAUER, D. [Space required for sheep during transport]. **DTW. Deutsche tierärztliche Wochenschrift**, v. 104, n. 4, p. 135–139, 1997.
- CARNOVALE, Francesca; XIAO, Jin; SHI, Binlin; *et al.* The Effects of Vehicle Type, Transport Duration and Pre-Transport Feeding on the Welfare of Sheep Transported in Low Temperatures. **Animals**, v. 11, n. 6, p. 1659, 2021.
- CAULFIELD, Malcolm P.; CAMBRIDGE, Heather; FOSTER, Susan F.; *et al.* Heat stress: A major contributor to poor animal welfare associated with long-haul live export voyages. **The Veterinary Journal**, v. 199, n. 2, p. 223–228, 2014.
- ÇELİK, Hilal Tozlu; ASLAN, Fatih Ahmet; ALTAY, Diler Us; *et al.* Effects of transport and altitude on hormones and oxidative stress parameters in sheep. **PLOS ONE**, v. 16, n. 2, p. e0244911, 2021.
- CHULAYO, A. Y.; MUCHENJE, V. Effect of pre-slaughter conditions on physico-chemical characteristics of mutton from three sheep breeds slaughtered at a smallholder rural abattoir. **South African Journal of Animal Science**, v. 43, n. 5, p. S64–S68, 2013.
- CHULAYO, A. Y.; MUCHENJE, V. The Effects of Pre-slaughter Stress and Season on the Activity of Plasma Creatine Kinase and Mutton Quality from Different Sheep Breeds Slaughtered at a Smallholder Abattoir. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 12, p. 1762–1772, 2013.
- COCKRAM, M. S.; KENT, J. E.; GODDARD, P. J.; *et al.* Behavioural and Physiological Responses of Sheep to 16 h Transport and a Novel Environment Post-transport. **The Veterinary Journal**, v. 159, n. 2, p. 139–146, 2000.
- COCKRAM, M. S.; KENT, J. E.; JACKSON, R. E.; *et al.* Effect of lairage during 24 h of transport on the behavioural and physiological responses of sheep. **Animal Science**, v. 65, n. 3, p. 391–402, 1997.
- COCKRAM, M. S.; KENT, J. E.; WARAN, N. K.; *et al.* Effect of space allowance during transport on the behavioural and physiological responses of sheep. **Proceedings of the British Society of Animal Science**, v. 1995, p. 171–171, 1995.
- COCKRAM, M. S.; KENT, J. E.; WARAN, N. K.; *et al.* Effect of space allowance during transport on the physiological and behavioural responses of sheep. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 49, n. 1, p. 98, 1996. (Behaviour and Welfare of Extensively Farmed Animals).
- COCKRAM, M.S.; KENT, J.E.; GODDARD, P.J.; *et al.* Behavioural and Physiological Responses of Sheep to 16 h Transport and a Novel Environment Post-transport. **Veterinary Journal**, v. 159, n. 2, p. 139–146, 2000.
- COCKRAM, M.S.; KENT, J.E.; JACKSON, R.E.; *et al.* Effect of lairage during 24 h of transport on the behavioural and physiological responses of sheep. **Animal Science**, v. 65, n. 3, p. 391–402, 1997.
- COLLINS, Teresa; STOCKMAN, Catherine A.; BARNES, Anne L.; *et al.* Qualitative Behavioural Assessment as a Method to Identify Potential Stressors during Commercial Sheep Transport. **Animals**, v. 8, n. 11, p. 209, 2018.
- CÓZAR, Almudena; RODRÍGUEZ, Ana I.; GARIJO CEBRIÁN, Paula; *et al.* Effect of space allowance during transport and fasting or non-fasting during lairage on welfare indicators in Merino lambs. **Spanish journal of agricultural research**, v. 14, n. 1, p. 9,

2016.

DALMAU, A.; DI NARDO, A.; REALINI, C.E.; *et al.* Effect of the duration of road transport on the physiology and meat quality of lambs. **Animal Production Science**, v. 54, n. 2, p. 179–186, 2014.

DE LA FUENTE, J.; SNCHEZ, M.; PREZ, C.; *et al.* Physiological response and carcass and meat quality of suckling lambs in relation to transport time and stocking density during transport by road. **Animal**, v. 4, n. 2, p. 250–258, 2010.

DE LA FUENTE, Jesús; DE CHÁVARRI, Elisabeth González; SÁNCHEZ, Mónica; *et al.* The effects of journey duration and space allowance on the behavioural and biochemical measurements of stress responses in suckling lambs during transport to an abattoir. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 142, n. 1, p. 30–41, 2012.

DE PAULA SILVA, Débora Adriana *et al.* Parâmetros de metabólitos bioquímicos em ovinos criados no Brasil. **Caderno de ciências agrárias**, v. 12, p. 1-5, 2020.

EKIZ, B.; ERGUL EKIZ, E.; KOCAK, O.; *et al.* Effect of pre-slaughter management regarding transportation and time in lairage on certain stress parameters, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs. **Meat Science**, v. 90, n. 4, p. 967–976, 2012.

EKIZ, B.; ERGÜL EKIZ, E.; YALÇINTAN, H.; *et al.* The effects of transport stress on certain welfare parameters and behaviours in Red Karaman, Imroz, Sakiz and Karakul Rams. **Istanbul Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi**, v. 38, n. 1, p. 15–28, 2012.

EKIZ, Elif Ergul; YALCINTAN, Hulya; KOCAK, Omur; *et al.* The effects of weaning status and transport duration on some physiological and behavioural responses to transportation in Kivircik lambs. **Small Ruminant Research**, v. 181, p. 51–56, 2019.

ELDRIDGE, G. A.; WINFIELD, C. G. The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 28, n. 6, p. 695–698, 1988.

ELWOOD, Mark. **Critical Appraisal of Epidemiological Studies and Clinical Trials**. [s.l.]: Oxford University Press, 2017.

ETIM, NseAbasi N; WILLIAMS, Mary E; EVANS, Emem I; *et al.* Physiological and Behavioural Responses of Farm Animals to Stress: Implications to Animal Productivity. v. 1, n. 2, 2013.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Database. Disponível em: www.fao.org.

FAUCITANO, L. Preslaughter stressors effects on pork: a review. **Journal of Muscle Foods**, v. 9, n. 3, p. 293–303, 1998.

FAZIO, E.; MEDICA, P.; MIGNACCA, S.; *et al.* Haematological and cortisol changes after a 3 h road journey in sheep. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, n. 19, p. 2487–2492, 2011.

FELL, L. R.; SHUTT, D. A. Use of salivary cortisol as an indicator of stress due to management practices in sheep and calves. <http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/1986/Fell86.PDF>, 1986. Disponível em: <<http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/7738>>. Acesso em: 28 out. 2024.

FELL, L.R.; SHUTT, D.A.; BENTLEY, C.J. Development of a salivary cortisol method for detecting changes in plasma “free” cortisol arising from acute stress in sheep. **Australian Veterinary Journal**, v. 62, n. 12, p. 403–406, 1985.

FERGUSON, D. M.; WARNER, R. D. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? **Meat Science**, v. 80, n. 1, p. 12–19, 2008. (54th International Congress of Meat Science and Technology (54th ICoMST), 10-15 August 2008, Cape Town, South Africa).

FISHER, A.D.; NIEMEYER, D.O.; LEA, J.M.; *et al.* The effects of 12, 30, or 48 hours of road transport on the physiological and behavioral responses of sheep. **Journal of**

Animal Science, v. 88, n. 6, p. 2144–2152, 2010.

FISHER, AD; STEWART, M; TACON, J; *et al.* The effects of stock crate design and stocking density on environmental conditions for lambs on road transport vehicles. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 50, n. 4, p. 148–153, 2002.

HALL, S. J. G.; BROOM, D. M.; GOODE, J. A.; *et al.* Physiological responses of sheep during long road journeys involving ferry crossings. **Animal Science**, v. 69, n. 1, p. 19–27, 1999.

HALL, S. J. G.; BROOM, D. M.; GOODE, J. A.; *et al.* Physiological responses of sheep during long road journeys involving ferry crossings. **Animal Science**, v. 69, n. 1, p. 19–27, 1999.

HALL, S.J.G; BROOM, D.M; KIDDY, G.N.S. Effect of transportation on plasma cortisol and packed cell volume in different genotypes of sheep. **Small Ruminant Research**, v. 29, n. 2, p. 233–237, 1998.

HULTGREN, Jan; ALGERS, Bo; ATKINSON, Sophie; *et al.* Risk assessment of sheep welfare at small-scale slaughter in Nordic countries, comparing with large-scale slaughter. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 58, n. 1, p. 34, 2016.

IBGE[WWWDocument],2023.Pesqui.PecuáriaMunic.URLhttps://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados (accessed 4.19.23).

JARVIS, A. M.; COCKRAM, M. S. Effects of handling and transport on bruising of sheep sent directly from farms to slaughter. **The Veterinary Record**, v. 135, n. 22, p. 523–527, 1994.

JARVIS, A.M.; COCKRAM, M.S. Effects of handling and transport on bruising of sheep sent directly from farms to slaughter. **The Veterinary record**, v. 135, n. 22, p. 523–527, 1994.

JONES, Tracey A.; WAITT, Corri; DAWKINS, Marian S. Sheep lose balance, slip and fall less when loosely packed in transit where they stand close to but not touching their neighbours. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 123, n. 1, p. 16–23, 2010.

KADIM, I. T.; MAHGOUB, O.; ALKINDI, A. Y.; *et al.* Effect of Transportation at High Ambient Temperatures on Physiological Responses, Carcass and Meat Quality Characteristics in Two Age Groups of Omani Sheep. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 20, n. 3, p. 424–431, 2007.

KADIM, I. T.; MAHGOUB, O.; AL-KINDI, A.; *et al.* Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics of three breeds of Omani goats. **Meat Science**, v. 73, n. 4, p. 626–634, 2006.

KADIM, I.T.; MAHGOUB, O.; AL-MARZOOQI, W.; *et al.* Effects of transportation during the hot season and low voltage electrical stimulation on histochemical and meat quality characteristics of sheep longissimus muscle. **Livestock Science**, v. 126, n. 1–3, p. 154–161, 2009.

KANEKO, Jiro Jerry; HARVEY, John W.; BRUSS, Michael L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. [s.l.]: Academic Press, 2008.

KENT, J. E. Stress in transported sheep. **Comparative Haematology International**, v. 7, n. 3, p. 163–166, 1997.

KNOWLES, T. G.; WARRISS, P. D.; BROWN, S. N.; *et al.* Effects of stocking density on lambs being transported by road. **Veterinary Record**, v. 142, n. 19, p. 503–509, 1998.

KNOWLES, T.G.; BROWN, S.N.; WARRISS, P.D.; *et al.* Effects on sheep of transport by road for up to 24 hours. **The Veterinary record**, v. 136, n. 17, p. 431–438, 1995.

KNOWLES, T.G.; WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; *et al.* Long distance transport of

- export lambs. **The Veterinary record**, v. 134, n. 5, p. 107–110, 1994.
- KNOWLES, T.G.; WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; *et al.* Long distance transport of lambs and the time needed for subsequent recovery. **The Veterinary record**, v. 133, n. 12, p. 286–293, 1993.
- KRAWCZEL, P.D.; FRIEND, T.H.; CALDWELL, D.J.; *et al.* Effects of continuous versus intermittent transport on plasma constituents and antibody response of lambs1. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 2, p. 468–476, 2007.
- KUMAR, B.R.; MURALIDHARAN, M.R.; RAMESH, V.; *et al.* Effect of transport stress on blood profile in sheep. **Indian Veterinary Journal**, v. 80, n. 6, p. 511–514, 2003.
- LABOKLIN. Bovinos , Ovinos , Caprinos, Porcos—*Valores de Referência*. Disponível em: https://laboklin.com/wp-content/uploads/2023/03/Bestell-Poster_CATTLE-SHEEP-GOAT-PIG_web.pdf . Acesso em : 29 jan.2025.
- LEANDRO, Gioacchino. **Meta-analysis in Medical Research: The Handbook for the Understanding and Practice of Meta-analysis**. [s.l.]: John Wiley & Sons, 2005.
- LEME, T.M.D.C.; TITTO, E.A.L.; TITTO, C.G.; *et al.* Influence of transportation methods and pre-slaughter rest periods on cortisol level in lambs. **Small Ruminant Research**, v. 107, n. 1, p. 8–11, 2012.
- LENDRAWATI, L.; PRIYANTO, R.; JAYANEGARA, A.; *et al.* Effect of different transportation period on body weight loss, hematological and biochemical stress responses of sheep. **Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture**, v. 45, n. 2, p. 115–123, 2020.
- LI, Juan; WIJFFELS, Gene; YU, Yihua; *et al.* Altered Fatty Acid Metabolism in Long Duration Road Transport: An NMR-based Metabonomics Study in Sheep. **Journal of Proteome Research**, v. 10, n. 3, p. 1073–1087, 2011.
- LIU, H. W.; ZHONG, R. Z.; ZHOU, D. W.; *et al.* Effects of lairage time after road transport on some blood indicators of welfare and meat quality traits in sheep. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 96, n. 6, p. 1127–1135, 2012.
- LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I.; *et al.* Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.
- MENCHETTI, Laura; NANNI COSTA, Leonardo; ZAPPATERRA, Martina; *et al.* Effects of Reduced Space Allowance and Heat Stress on Behavior and Eye Temperature in Unweaned Lambs: A Pilot Study. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3464, 2021.
- MESSORI, S.; PEDERNERA-ROMANO, C.; MAGNANI, D.; *et al.* Unloading or not unloading? Sheep welfare implication of rest stop at control post after a 29h transport. **Small Ruminant Research**, v. 130, p. 221–228, 2015.
- MESSORI, S.; SOSSIDOU, E.; BUONANNO, M.; *et al.* A pilot study to develop an assessment tool for sheep welfare after long journey transport. **Animal Welfare**, v. 24, n. 4, p. 407–416, 2015.
- MESSORI. Effects of different rest-stop durations at control posts during a long journey on the welfare of sheep. **Veterinaria Italiana**, v. 53, n. 2, p. 121–129, 2017.
- MIRANDA-DE LA LAMA, G.C.; RODRÍGUEZ-PALOMARES, M.; CRUZ-MONTERROSA, R.G.; *et al.* Long-distance transport of hair lambs: effect of location in pot-belly trailers on thermo-physiology, welfare and meat quality. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, n. 2, p. 327–336, 2018.
- MIRANDA-DE LA LAMA, G.C.; VILLARROEL, M.; LISTE, G.; *et al.* Critical points in the pre-slaughter logistic chain of lambs in Spain that may compromise the animal's welfare. **Small Ruminant Research**, v. 90, n. 1–3, p. 174–178, 2010.
- MIRANDA-DE LA LAMA, Genaro C.; MONGE, Paula; VILLARROEL, Morris; *et al.*

Effects of road type during transport on lamb welfare and meat quality in dry hot climates. **Tropical Animal Health and Production**, v. 43, n. 5, p. 915–922, 2011.

Moher D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 335–342, 2015.

MORRIS, Stephen T. 2 - Overview of sheep production systems. In: FERGUSON, Drewe M.; LEE, Caroline; FISHER, Andrew (Orgs.). *Advances in Sheep Welfare*. [s.l.]: Woodhead Publishing, 2017, p. 19–35. (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition). Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081007181000029>>. Acesso em: 8 abr. 2025.

ONU, Organização das nações unidas, disponível em:<https://brasil.un.org/pt-br/83427-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-eve-chegar-97-bilh%C3%B5es-de-pessoas-em-2050-diz-relat%C3%B3rio-da-onu>> Acesso em 27/09/2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE ANIMAL. **Código sanitário para os animais terrestres**. 22. ed. Paris: OIE, 2013. Disponível em : <https://www.oie.int> . Acesso em: 14 nov. 2024.

PADALINO, B.; TULLIO, D.; CANNONE, S.; *et al.* Road transport of farm animals: Mortality, morbidity, species and country of origin at a southern italian control post. **Animals**, v. 8, n. 9, 2018.

PARROTT, R. F.; HALL, S. J. G.; LLOYD, D. M.; *et al.* Effects of a maximum permissible journey time (31 h) on physiological responses of fleeced and shorn sheep to transport, with observations on behaviour during a short (1 h) rest-stop. **Animal Science**, v. 66, n. 1, p. 197–207, 1998.

PARROTT, R.F.; HALL, S.J.G.; LLOYD, D.M.; *et al.* Effects of a maximum permissible journey time (31 h) on physiological responses of fleeced and shorn sheep to transport, with observations on behaviour during a short (1 h) rest-stop. **Animal Science**, v. 66, n. 1, p. 197–207, 1998.

PASCUAL-ALONSO, M.; MIRANDA-DE LA LAMA, G. C.; AGUAYO-ULLOA, L.; *et al.* Thermophysiological, haematological, biochemical and behavioural stress responses of sheep transported on road. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, n. 3, p. 541–551, 2017.

PETTIFORD, S.G.; FERGUSON, D.M.; LEA, J.M.; *et al.* Effect of loading practices and 6-hour road transport on the physiological responses of yearling cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 7, p. 1028–1033, 2008.

PICCIONE, G.; CASELLA, S.; GIANNETTO, C.; *et al.* Utility of acute phase proteins as biomarkers of transport stress in ewes. **Small Ruminant Research**, v. 107, n. 2, p. 167–171, 2012.

PINHEIRO, Jose; BATES, Douglas; DEBROY, Saikat; *et al.* Linear and nonlinear mixed effects models. **R package version**, v. 3, n. 57, p. 1–89, 2014.

PULIDO, Miguel A.; ESTÉVEZ-MORENO, Laura X.; VILLARROEL, Morris; *et al.* Transporters knowledge toward preslaughter logistic chain and occupational risks in Mexico: An integrative view with implications on sheep welfare. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 33, p. 114–120, 2019.

RANDALL, J. M. Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. **Animal Science**, v. 57, n. 2, p. 299–307, 1993.

REY, Adriana del; WELSH, C. Jane; SCHWARZ, Markus J.; *et al.* Foreword for Neuroimmunomodulation in Health and Disease. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1261, n. 1, p. vii–viii, 2012.

- RODRÍGUEZ, P.; NARDO, A. di; DALMAU, A.; *et al.* Study of transport duration in lambs: effect on animal welfare and product final quality. **XXXV Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC), Valladolid, España, 22-24 de septiembre de 2010**, p. 365–369, 2010.
- RODRÍGUEZ, P.; NARDO, A. di; DALMAU, A.; *et al.* Study of transport duration in lambs: effect on animal welfare and product final quality. **XXXV Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC), Valladolid, España, 22-24 de septiembre de 2010**, p. 365–369, 2010.
- SANCHEZ-SANCHEZ, M.; VIEIRA-ALLER, C.; DE-LA-FUENTE-VAZQUEZ, J.; *et al.* Effect of season and stocking density during transport on carcass and meat quality of suckling lambs. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 2, p. 394–404, 2013.
- SANTURTUN, E.; PHILLIPS, C.J.C. The impact of vehicle motion during transport on animal welfare. **Research in Veterinary Science**, v. 100, p. 303–308, 2015.
- SARIÖZKAN, S.; CEVGER, Y.; ARAL, Y. Effects of road transport on yearling lambs up to 19 hours. **Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi**, v. 56, n. 3, p. 215–218, 2009.
- SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J.J. Les métaanalyses des données expérimentales: Applications en nutrition animale. **INRA Productions Animales**, v.8, n.1, p.63-73, 2005.
- SCHULTZ, E. B.; CONCEIÇÃO, A. R.; SIQUEIRA, M. T. S.; *et al.* Reference intervals for metabolic profile of adult sheep in the tropics: over 12 months. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, p. 1026–1028, 2023.
- Serum Biochemical Analysis Reference Ranges - Reference Values and Conversion Tables.** MSD Veterinary Manual. Disponível em: <<https://www.msddvetmanual.com/reference-values-and-conversion-tables/reference-guides/serum-biochemical-analysis-reference-ranges>>. Acesso em: 29 jan. 2025.
- SILVA, F.V.; BORGES, I.; LANA, Â.M.Q.; *et al.* Welfare of lambs subjected to road transport and assessment of carcasses and meat. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 630–636, 2017.
- SILVA, Fredson Vieira e; BORGES, Iran; GARCIA, Simone Koprowski; *et al.* Effect of space allowance during transport of Dorper x Santa Inês lambs on biochemical stress parameters and meat quality. **Small Ruminant Research**, v. 219, p. 106910, 2023.
- ST-PIERRE, N. R. Invited Review: Integrating Quantitative Findings from Multiple Studies Using Mixed Model Methodology¹. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 4, p. 741–755, 2001.
- ST-PIERRE, Normand Roger. Meta-analyses of experimental data in the animal sciences. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 343–358, 2007.
- TADICH, Néstor; GALLO, Carmen; BRITO, María L.; *et al.* Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs. **Livestock Science**, v. 121, n. 1, p. 132–136, 2009.
- TARRANT, P. V.; KENNY, F. J.; HARRINGTON, D.; *et al.* Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. **Livestock Production Science**, v. 30, n. 3, p. 223–238, 1992.
- TARUMÁN, J. A.; GALLO, C. B. Contusiones en canales ovinas y su relación con el transporte. **Archivos de medicina veterinaria**, v. 40, n. 3, p. 275–279, 2008.
- TEKE, Bulent; EKIZ, Bulent; AKDAG, Filiz; *et al.* Effects of Stocking Density of Lambs on Biochemical Stress Parameters and Meat Quality Related to Commercial Transportation. **Annals of Animal Science**, v. 14, n. 3, p. 611–621, 2014.

- THOMPSON, J. M.; O'HALLORAN, W. J.; MCNEILL, D. M. J.; *et al.* The effect of fasting on liveweight and carcass characteristics in lambs. **Meat Science**, v. 20, n. 4, p. 293–309, 1987.
- VERGARA PÉREZ, Herminia; CÓZAR, Almudena; RODRÍGUEZ, Ana I.; *et al.* Effect of space allowance during transport and fasting or non-fasting during lairage on carcass contamination and meat traits in Merino lamb. **Spanish journal of agricultural research**, v. 15, n. 2, p. 12, 2017.
- VESTERINEN, H. M.; SENA, E. S.; EGAN, K. J.; *et al.* Meta-analysis of data from animal studies: A practical guide. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 221, p. 92–102, 2014.
- WARRIS, P. D.; EDWARDS, J. E.; BROWN, S. N.; *et al.* Survey of the stocking densities at which sheep are transported commercially in the United Kingdom. **Veterinary Record**, v. 150, n. 8, p. 233–236, 2002.
- WARRISS, P. D.; BROWN, S. N.; KNOWLES, T. G. Assessment of possible methods for estimating the stocking density of sheep being carried on commercial vehicles. **The Veterinary Record**, v. 153, n. 11, p. 315–319, 2003.
- WARRISS, P.D.; KESTIN, S.C.; YOUNG, C.S.; *et al.* Effect of preslaughter transport on carcass yield and indices of meat quality in sheep. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 51, n. 4, p. 517–523, 1990.
- WILLIS, Renee S.; FLEMING, Patricia A.; DUNSTON-CLARKE, Emma J.; *et al.* Animal welfare indicators for sheep during sea transport: The effect of voyage day and time of day. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 238, p. 105304, 2021.
- YALCINTAN, Hulya; AKIN, P. Dilara; OZTURK, Nursen; *et al.* Effect of lairage time after 2 h transport on stress parameters and meat quality characteristics in Kivircik ewe lambs. **Small Ruminant Research**, v. 166, p. 41–46, 2018.
- ZHANG. Climatic influences on the mortality of sheep during long-distance sea transport. **Animal**, v. 13, n. 5, p. 1054–1062, 2019.
- ZHONG, R.Z.; LIU, H.W.; ZHOU, D.W.; *et al.* The effects of road transportation on physiological responses and meat quality in sheep differing in age. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 11, p. 3742–3751, 2011.

4 ARTIGO

4.1 META-ANÁLISE: IMPACTO DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NOS BIOMARCADORES DE ESTRESSE, O PESO CORPORAL E NA QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS

Artigo submetido na revista Small Ruminant Research registro de submissão ... (ISSN 0921-4488).

META-ANÁLISE: IMPACTO DO TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NOS BIOMARCADORES DE ESTRESSE, O PESO CORPORAL E NA QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS

RESUMO

Objetivou-se avaliar, por meio de meta-análise, o impacto do tempo de transporte rodoviário sobre os biomarcadores de estresse, o peso corporal e características da carne de ovinos. A pesquisa bibliográfica e a triagem das publicações foram realizadas em bases de dados eletrônicos, incluindo Scopus, Science Direct, SciELO e Web of Science. Além disso, outros estudos foram identificados por meio da análise de referências de artigos que abordaram a variável independente tempo de transporte. Foram selecionados 40 estudos distribuídos em quatro continentes: Europa (47,5%), Ásia (35%), Oceania (10%) e América (7,5%). A análise dos dados foi conduzida por meio de Modelos Mistos Aditivos Generalizados (GAMM), estimando os efeitos do tempo de transporte de 0 a 48h, estimando os efeitos dos tempos sobre os biomarcadores: cortisol, glicose, ureia, proteínas totais, creatina quinase, lactato desidrogenase, hematócrito, pH e o peso corporal e textura da carne. Os resultados indicaram que o cortisol se manteve estável ($p=0,668$) intercepto (0,786), enquanto glicose ($p=0,027$) diminuiu intercepto (0,549); ureia ($p=0,044$) intercepto (0,741), proteínas totais ($p=0,013$) intercepto (0,544) aumentaram e peso corporal ($p<0,0001$) que aumentou com passar do tempo de transporte. O transporte rodoviário afetou significativamente os valores das variáveis respostas, atingindo concentrações que podem comprometer o bem-estar animal. Mas o pH ($p=0,636$) intercepto (2,417) e textura ($p=0,252$) e intercepto (4,006) indicaram ausência de variações na qualidade da carne. Sugere-se que o transporte rodoviário de ovinos por até 12 horas seja considerado um limite com base nas evidências disponíveis.

Palavras-chave: Bem-estar, pré-abate, distresse, qualidade de carne, logística.

ABSTRACT

The objective was to evaluate, through meta-analysis, the impact of road transport duration on stress biomarkers, body weight, and meat characteristics in sheep. The literature search and screening of publications were conducted using electronic databases, including Scopus, Science Direct, SciELO, and Web of Science. Additionally, other studies were identified by analyzing the references of articles that addressed the independent variable "transport time." A total of 40 studies were selected, distributed across four continents: Europe (47.5%), Asia (35%), Oceania (10%), and America (7.5%). Data analysis was performed using Generalized Additive Mixed Models (GAMM), estimating the effects of transport time ranging from 0 to 48 hours on the following biomarkers: cortisol, glucose, urea, total proteins, creatine kinase, lactate dehydrogenase, hematocrit, pH, as well as body weight and meat texture. The results indicated that cortisol levels remained stable ($p=0.668$; intercept=0.786), while glucose ($p=0.027$; intercept=0.549) decreased. Urea ($p=0.044$; intercept=0.741) and total proteins ($p=0.013$; intercept=0.544) increased, and body weight ($p<0.0001$) also increased with prolonged transport duration. Road transport significantly affected the values of the response variables, reaching concentrations that may compromise animal welfare. However, pH ($p=0.636$; intercept=2.417) and meat texture ($p=0.252$; intercept=4.006) showed no variation in meat quality. It is suggested that road transport of sheep for up to 12 hours be considered a threshold based on the available evidence.

Keywords: Welfare, pre-slaughter, distress, meat quality, logistics.

INTRODUÇÃO

O bem-estar de um animal é uma condição determinada com base em suas tentativas de se adaptar ao ambiente ao qual foi exposto, sendo um aspecto essencial no manejo pré-abate, desde o jejum na fazenda até o período *ante mortem* (Broom et al., 1986; Brennecke et al., 2021). Além de impactar diretamente a saúde dos animais, o bem-estar pode influenciar a qualidade da carne e, conseqüentemente, o retorno econômico para produtores e indústria.

A indústria de abate se reestruturou em fábricas maiores em muitos países e resultaram no aumento da duração do transporte, elevando os riscos de estresse e lesões, fatores que afetam a qualidade da carne ovina (Hultgren et al., 2016). O estresse pré-abate decorre de atividades como coleta, embarque, transporte, desembarque e descanso no abatedouro frigorífico, sendo influenciado por experiências pregressas dos animais, infraestrutura e interações sociais (Adzitey, 2011; Cerrone, 2020; Gutiérrez et al., 2007; Rault et al., 2020).

A duração e as condições do transporte podem afetar o desempenho e a qualidade da carne, sendo necessário considerar fatores regionais, infraestrutura, clima e distâncias percorridas, para mitigar impactos negativos (Akin et al., 2018; Carnovale et al., 2021; Çelik et al., 2021; Lendrawati et al., 2020).

As recomendações sobre o tempo máximo de transporte de ovinos variam entre regulamentações internacionais, sendo de 12 horas no Brasil Instrução Normativa nº 46/2018 (Brasil, 2018) e 8 horas pelo Código Sanitário para Animais Terrestres (OIE, 2013) que consideram esse limite essencial para evitar desidratação e estresse metabólico (Knowles *et al.*, 1994; Krawczel *et al.*, 2007). No entanto, as divergências entre os estudos e a variabilidade nos resultados indicam a necessidade de diretrizes mais eficazes para padronizar os procedimentos de transporte e impactos negativos no

bem-estar animal (Akin *et al.*, 2018; Carnovale *et al.*, 2021; Messori *et al.*, 2017; Yalcintan *et al.*, 2018).

Neste contexto, objetivou-se, com a realização de uma meta-análise verificar se o tempo de transporte rodoviário influencia os biomarcadores de estresse, o peso corporal e características da carne de ovinos.

MATERIAL E MÉTODOS

Uma meta-análise permite consolidar estudos sobre um mesmo tema, mesmo quando apresentados resultados variados, possibilitando a combinação de dados para detectar efeitos positivos ou negativos, identificar padrões e avaliar a variabilidade nos achados com imparcialidade nas contribuições (Elwood, 2017; Leandro, 2005 Vesterinen *et al.*, 2014).

Foram realizadas buscas sistemáticas em bases eletrônicas (Web of Science, SciELO, Science Direct e Scopus) para identificar estudos relacionados ao impacto do tempo de transporte rodoviário em ovinos. Para os artigos relacionados, utilizou-se as palavras-chave: “transport time”, “transportation sheep”, “sheep”, “transport”, e “welfare”. A busca resultou em 54 artigos no Scopus, 144 artigos para Science Direct, 170 artigos para Scielo e 38 artigos para Web of Science. O número total de artigos nesta fase foi de 406.

Inicialmente, buscaram-se artigos que estavam no estrato superior de acordo com a classificação do Scopus. Priorizaram-se estudos com maior CiteScore, mas, à medida que o levantamento avançou, ampliaram-se os critérios para incluir trabalhos relevantes com menores pontuações, a fim de garantir a abrangência da análise. Estudos suplementares foram identificados por meio da análise das listas de referências em artigos relacionados à variável independente tempo de transporte.

Para a organização dos artigos científicos selecionados, utilizou-se o gerenciador de referências Zotero. Foi realizada uma triagem para verificar a adequação dos estudos ao transporte rodoviário de ovinos, considerando a variável independente "tempo de transporte" e as variáveis respostas nos títulos e resumos dos artigos. Nessa etapa, foram excluídos 334 estudos envolvendo outras espécies e artigos duplicados. Foi realizada uma revisão crítica focada principalmente no material e métodos, tamanho da amostra, desenho experimental e análise estatística; tanto dentro como entre os estudos (St-Pierre, 2007).

Além disso, os estudos foram incluídos apenas se atendessem aos seguintes critérios: publicados desde 1985; incluíssem avaliação dos efeitos do tempo de transporte rodoviário sobre ovinos; apresentassem detalhes sobre as condições de transporte, como duração e manejo dos animais; contivessem dados suficientes para determinar o tamanho do efeito nas variáveis avaliadas (por exemplo, número de animais, medições fisiológicas e parâmetros de qualidade da carne em cada tratamento e grupo controle); e disponibilizassem uma medida de efeito passível de análise estatística para dados contínuos.

Foram encontrados 72 estudos, dos quais 40 atenderam aos requisitos elegibilidade (anexo 2). A análise seguiu o fluxograma apresentado na figura 1 de acordo com a abordagem metodológica PRISMA adaptado, garantindo rigor metodológico na seleção e tratamento dos dados (Moher et al., 2015).

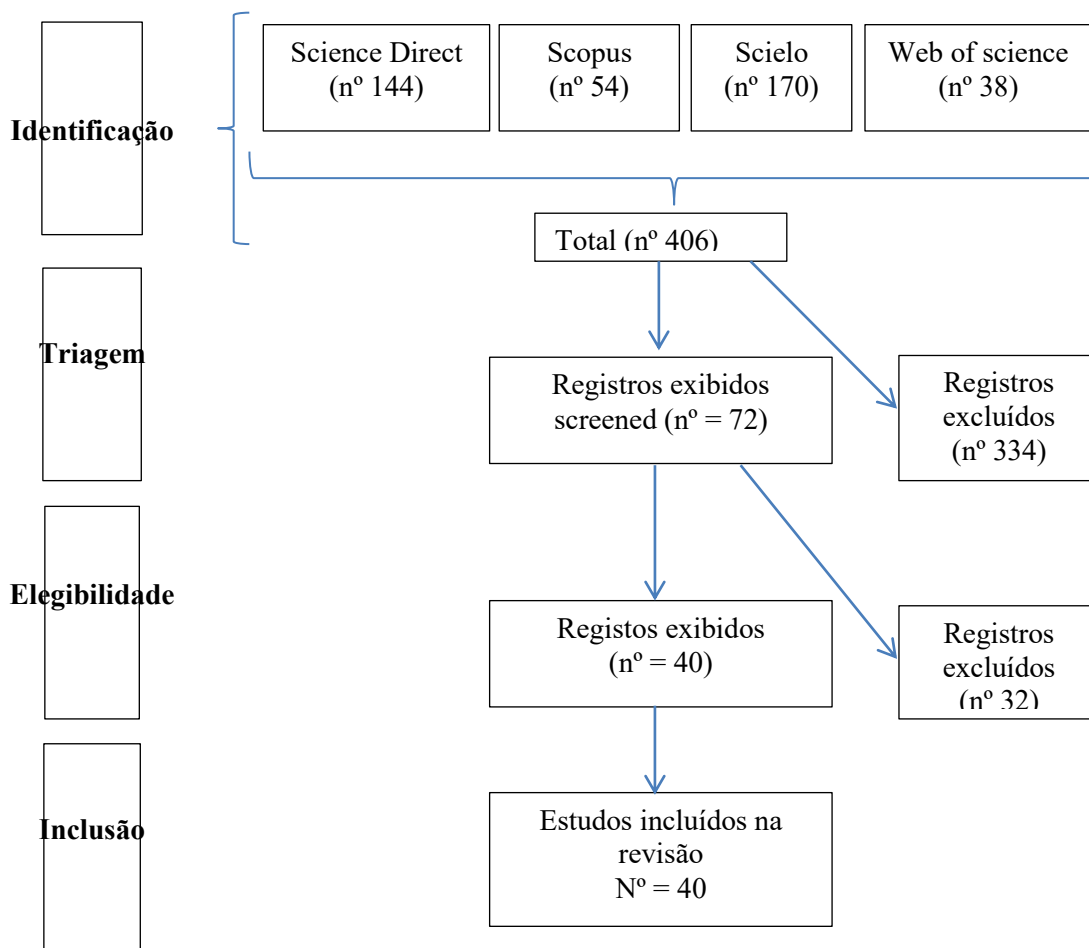


Figura 1 - Fluxograma metodológico Prisma.

Fonte - Fluxograma de acordo com a abordagem metodológica Prisma (adaptado de Moher et al. (2015)).

As variáveis foram organizadas em um arquivo auxiliar e classificadas em quatro categorias: fisiológicas, comportamento animal, peso corporal e características de carcaças e carne. As variáveis fisiológicas incluíram cortisol, glicose, creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), proteínas totais, ácidos graxos não-esterificados (NEFA), ureia, albumina, hematócrito, neutrófilos e linfócitos. No comportamento animal, foram consideradas a frequência de vocalização e a tempo na posição deitado. Na categoria de peso corporal, foi incluído o peso vivo dos animais em dois momentos no início e no final do transporte. Já entre as características de carcaça e carne, foram incluídos o peso de carcaça quente, o rendimento de carcaça quente, o peso de carcaça fria, o rendimento de carcaça fria, a perda por cozimento, a perda por gotejamento, a textura, o pH e a coloração (L^* , a^* , b^*). Em cada artigo analisado, foi

registrada a variável preditora, os tempos de transporte, além da quantificação dos artigos e das variáveis resposta disponíveis para análise. Foram tabulados as estimativas de médias, medianas, erros padrão, percentil 25% e 75%, número de artigos e número de observações em planilha eletrônica.

Dessa forma, foram incluídos arbitrariamente as variáveis presentes em, no mínimo, 10 artigos e com pelo menos 30 observações. As variáveis resposta analisadas foram classificadas em três grupos: biomarcadores (cortisol, CK, LDH, ureia, glicose, hematócrito e proteínas totais), peso corporal e qualidade da carne (pH e textura).

Os dados de cada variável foram coletados com base em suas respectivas unidades de medida, convertidos para unidades do Sistema Internacional (SI) e organizados em um arquivo final. Alguns artigos apresentaram avaliações tanto rodoviárias quanto marítimas. No entanto, utilizou-se exclusivamente os dados referentes ao transporte terrestre e sempre antes do início da avaliação marítima. Além disso, considerou-se como tempo zero os animais que não foram submetidos ao transporte ou aqueles que permaneceram no caminhão sem que este estivesse em movimento. Esse procedimento assegurou a padronização e a integridade das informações extraídas dos artigos, permitindo a análise dos dados.

Análises estatísticas

As variáveis respostas analisadas neste estudo foram: cortisol, glicose, ureia, CK, LDH, proteínas totais, hematócrito, peso vivo, pH e textura da carne. A variável preditora foi o tempo de transporte. A razão de cada variável resposta foi calculada dividindo o valor medido após o transporte pelo valor registrado antes do transporte. Esse procedimento controla a variabilidade individual, reduz os efeitos de escala e facilita a interpretação dos resultados, ocorrendo aumento direto se a razão for maior que 1 ou redução se a razão for menor que 1 após o transporte. Além disso, esta

abordagem é útil para cálculo estatístico, especialmente em regressões não lineares, pois aproxima a relação entre variáveis a um modelo multiplicativo. Esse cálculo permitiu avaliar as alterações relativas nas variáveis em função do tempo de transporte dos ovinos, proporcionando uma medida padronizada para comparação. Valores superiores a 1 indicam um aumento em relação ao valor basal, enquanto valores inferiores a 1 refletem uma redução.

Para corrigir possíveis valores negativos ou nulos na razão, foi aplicado um deslocamento uniforme a todas as observações. O deslocamento foi calculado como o valor absoluto do menor valor da razão observado, acrescido de 0,01, garantindo que todos os valores fossem positivos e adequados para a modelagem estatística. Essa abordagem foi aplicada às variáveis respostas analisadas: cortisol, glicose, ureia, CK, LDH, proteínas totais, hematócrito e peso vivo dos animais. Para as variáveis pH e textura, esse pré-tratamento não foi realizado, pois as medições foram realizadas pós transporte.

Foram testados os pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos resíduos em diferentes modelos, incluindo LM, GLM e GLMER, mas nenhum deles atendeu aos critérios necessários. Por esse motivo, foi ajustado um modelo *Generalized Additive Mixed Model* (GAMM) com distribuição Gamma e link log para modelar a razão deslocada das variáveis fisiológicas em função do tempo de transporte. A especificação do modelo foi Variável resposta $\sim s(\text{tempo}, k=5) + s(\text{artigo}, \text{bs}="re")$, em que a variável resposta representa a razão da variável após o transporte. O termo suavizado para o tempo foi modelado com um spline cúbico restrito a 5 graus de liberdade ($k = 5$), permitindo capturar padrões não lineares ao longo do tempo. A variável artigo foi incluída como um efeito aleatório por meio da base spline ($\text{bs} = "re"$) para considerar a

variabilidade entre os diferentes artigos. A distribuição adotada foi a Gamma, com função de ligação logarítmica, adequada para modelar dados positivos e assimétricos.

Além dos artigos, outras variáveis aleatórias foram testadas no modelo, incluindo o número amostral de cada estudo, velocidade dos veículos, idade e sexo dos animais, número de jornadas por grupo dentro de cada artigo, espaço disponível durante o transporte, temperatura e umidade ambiente, número de andares do compartimento de transporte e tempo de descanso pós-transporte. No entanto, nenhuma dessas variáveis contribuiu para um ajuste estatístico significativamente melhor. O modelo foi ajustado pelo método Restricted Maximum Likelihood (REML). Após o ajuste, foram calculados previsões e intervalos de confiança (95%) para os valores da razão das variáveis respostas, considerando as características da distribuição Gamma e o deslocamento aplicado previamente aos dados.

Os parâmetros analisados neste estudo foram classificados em duas categorias: parâmetros do modelo e parâmetros com interpretação biológica. Os primeiros incluem métricas como R^2 ajustado, deviance explicada, estimativa da escala e critérios de verossimilhança (como REML). Esses parâmetros indicam a capacidade do modelo em explicar os dados, sendo avaliados principalmente por medidas de ajuste. Já os parâmetros com maior relevância biológica incluem o intercepto (β_0) e seu respectivo p-valor, cuja interpretação depende da escala da variável resposta e das condições experimentais. Se ao longo do tempo a variável observada aumentar ou diminuir, esse efeito será capturado pelos demais parâmetros do modelo.

RESULTADOS

O total de estudos utilizado na meta-análise foi de 40 artigos, os quais estão distribuídos geograficamente entre os continentes Europa, Ásia, Oceania e América, correspondendo a 47,5%, 35%, 10% e 7,5%, respectivamente (Figura 2).



Figura 2: Mapa Mundo com os países com artigos selecionados.

Fonte: Do autor, 2024, criado por IA.

Nota: a intensidade das cores é proporcional ao número de artigos recuperados.

A estatística descritiva (Tabela 1) demonstrou que o cortisol, ureia e CK apresentaram média maior que a mediana, sendo que observou-se alta variabilidade, com grande dispersão, e elevados erros-padrão, para o cortisol e CK. Já o pH e hematócrito demonstraram baixa variabilidade, com menores intervalos interquartis e erros-padrão. Algumas variáveis, como LDH, textura e pH, tiveram um menor número de observações, enquanto que as variáveis resposta mais frequentes nos estudos analisados foram cortisol, glicose, CK, proteínas totais e peso corporal.

O modelo ajustado para a razão do cortisol (Tabela 2) apresentou um R^2 ajustado de 0,456, explicando 76,4% do desvio da verossimilhança, com uma escala estimada de 0,108 e valor de -2 log-verossimilhança restrita (REML) de 69,25. O intercepto ($\beta_0 =$

0,786) foi significativo ($p < 0,0001$), reduzindo o valor médio da razão do cortisol no tempo de referência. O efeito do tempo foi modelado como um spline suave, mas não apresentou significância estatística ($\text{edf} = 1,00$, $p = 0,668$). O efeito do artigo foi significativo ($\text{edf} = 15,21$, $p = 0,0003$), indicando uma variabilidade substancial entre estudos.

Os modelos ajustados para a razão da glicose e ureia (Tabela 2) apresentaram um R^2 ajustado de 0,614 e 0,662, respectivamente, explicando 81,7% e 77,5% do desvio da verossimilhança. Os interceptos ($\beta_0 = 0,5494$ e $0,741$) foram significativos ($p < 0,0001$), reduzindo o valor médio da razão da glicose e ureia, respectivamente, no tempo de referência. O efeito do tempo foi modelado como um spline suave, apresentando significância estatística ($\text{edf} = 3,315$, $p = 0,0278$; $\text{edf} = 1,762$, $p = 0,044$), com uma variação não linear da glicose e ureia ao longo do tempo. O efeito do artigo foi significativo ($\text{edf} = 6,566$, $p = 0,0331$; $\text{edf} = 3,082$, $p = 0,029$), indicando uma variabilidade substancial entre estudos.

O modelo ajustado para a razão das proteínas totais (Tabela 2) apresentou um R^2 ajustado de 0,666, explicando 76,6% do desvio da verossimilhança, com uma escala estimada de 0,0002 e REML de -29,668. O intercepto foi estimado em 0,6327 e foi significativo ($p < 0,0001$). O efeito do tempo foi modelado como um spline suave e apresentou significância estatística ($\text{edf} = 1,00$, $p = 0,0131$), que indica uma relação linear entre o tempo e a variação da proteína total. O efeito do artigo não foi significativo ($\text{edf} = 5,626$, $p = 0,051$).

Os modelos ajustados para as razões da LDH, CK e PCV (Tabela 2) apresentaram baixo poder explicativo, com R^2 ajustados de -0,012, 0,070 e 0,180, explicando respectivamente 2,98%, 7,17% e 26,4% do desvio da verossimilhança. As escalas estimadas foram 0,007 (LDH), 0,054 (CK) e 0,0005 (PCV), com valores de

REML de -6,719; 12,608 e -28,46, respectivamente. Em todos os casos, o intercepto foi significativo ($p < 0,0001$): 0,567 (LDH), 0,252 (CK) e 0,635 (PCV). O efeito do tempo, modelado como spline suave, não foi significativo para nenhuma dessas variáveis (LDH: edf = 1,00, $p = 0,415$; CK: edf = 1,00, $p = 0,121$; PCV: edf = 2,1, $p = 0,132$), sugerindo ausência de padrão detectável ao longo do tempo. A variabilidade entre estudos também não foi estatisticamente relevante ($p > 0,4$ para todos os casos).

O modelo ajustado para a razão do peso corporal (Tabela 3) apresentou um R^2 ajustado de 0,869, explicando 91,5% do desvio da verossimilhança, com REML de -78,036 e escala estimada de 0,0001. O intercepto foi estimado em 0,5443 e foi significativo ($p < 0,0001$). O efeito do tempo foi modelado como um spline suave e apresentou significância estatística (edf = 2,536, $p < 0,0001$). Além disso, o efeito do artigo também foi significativo (edf = 13,496, $p < 0,0001$).

O modelo ajustado para a razão do pH da carne (Tabela 3) apresentou baixo poder explicativo (R^2 ajustado = 0,115), com 23,5% do desvio da verossimilhança explicado, REML = 5,6093 e escala estimada de 0,0003. O intercepto foi significativo (2,4175; $p < 0,0001$). O efeito do tempo (edf = 1,00; $p = 0,636$) e do artigo (edf = 2,84; $p = 0,136$) não foram significativos. Para a textura da carne, o modelo apresentou bom ajuste (R^2 ajustado = 0,766), explicando 81,4% da deviance, com REML = 131 e escala estimada de 0,0307. O intercepto foi significativo (4,006; $p < 0,0001$), mas o tempo não influenciou significativamente a variável (edf = 1,00; $p = 0,252$). O efeito do artigo foi significativo (edf = 8,501; $p < 0,0001$).

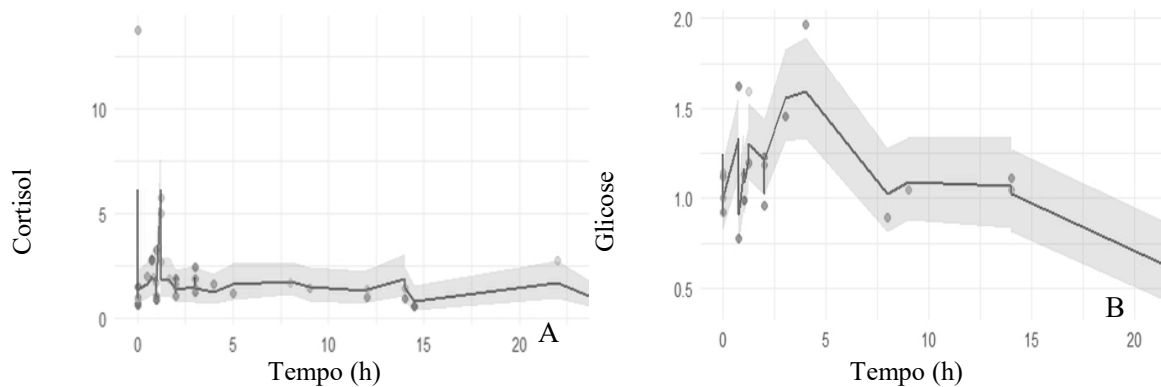


Figura 3 – Variação da concentração de cortisol (A) e glicose (B) em ovinos durante o transporte rodoviário ao longo do tempo. A linha preta representa a tendência ajustada dos dados ao longo do tempo. Os pontos indicam as médias observadas para cada ponto experimental. A faixa sombreada em cinza representa o intervalo de confiança de 95%.

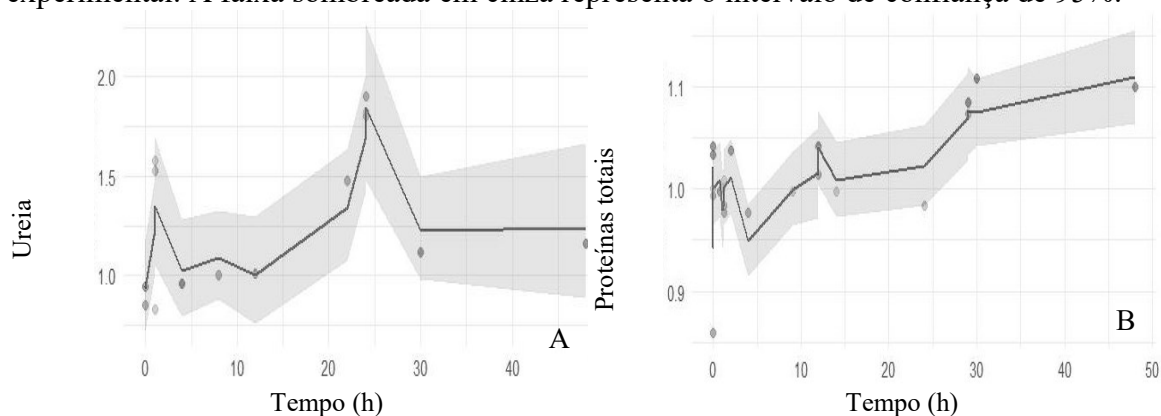


Figura 4 – Variação da concentração de Ureia (A) e Proteínas Totais (B) em ovinos durante o transporte rodoviário ao longo do tempo. A linha preta representa a tendência ajustada dos dados ao longo do tempo. Os pontos indicam as médias observadas para cada ponto experimental. A faixa sombreada em cinza representa o intervalo de confiança de 95%.

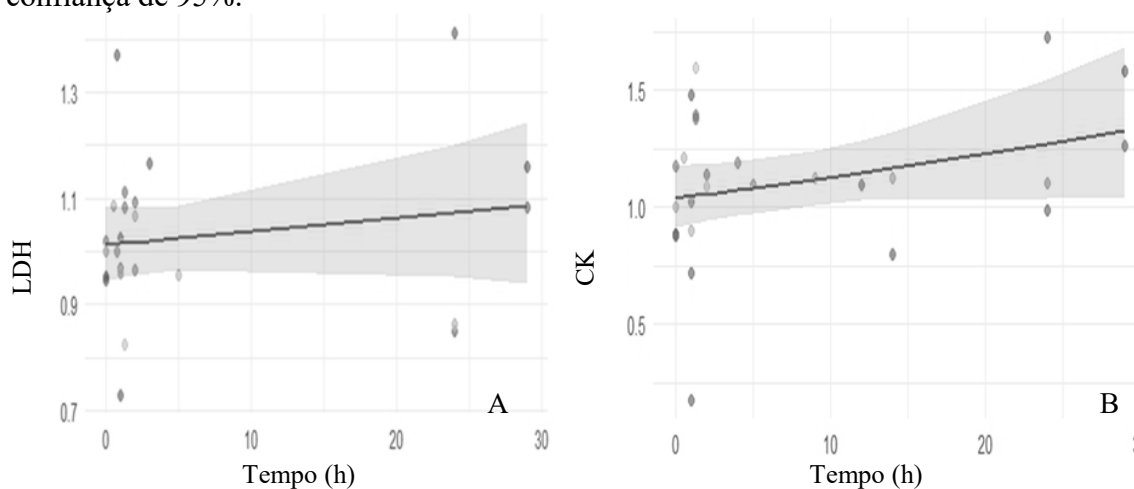


Figura 5 – Variação da Atividade de LDH (A) e CK (B) em ovinos durante o transporte rodoviário ao longo do tempo. A linha preta representa a tendência ajustada dos dados ao longo do tempo. Os pontos indicam as médias observadas para cada ponto experimental. A faixa sombreada em cinza representa o intervalo de confiança de 95%.

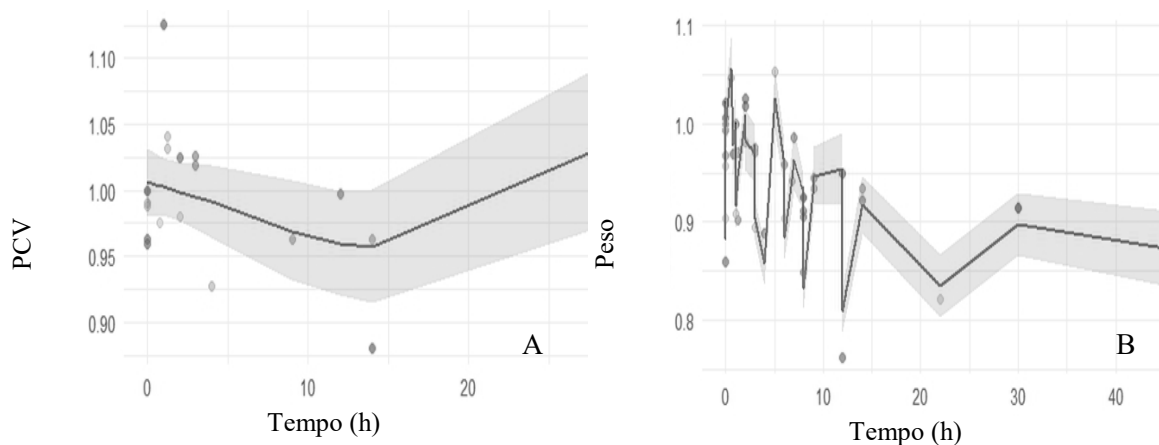


Figura 6 – Variação da concentração de hematócrito (A) e Peso (B) em ovinos durante o transporte rodoviário ao longo do tempo. A linha preta representa a tendência ajustada dos dados ao longo do tempo. Os pontos indicam as médias observadas para cada ponto experimental. A faixa sombreada em cinza representa o intervalo de confiança de 95%.

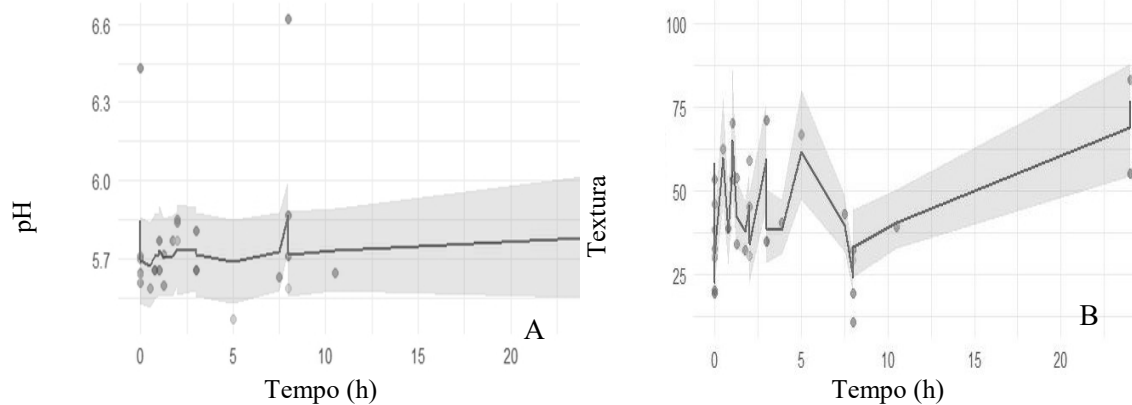


Figura 7 – Variação da concentração de pH (A) e Textura (B) em ovinos durante o transporte rodoviário ao longo do tempo. A linha preta representa a tendência ajustada dos dados ao longo do tempo. Os pontos indicam as médias observadas para cada ponto experimental. A faixa sombreada em cinza representa o intervalo de confiança de 95%.

DISCUSSÃO

A discrepância entre a média e a mediana de cortisol, ureia e CK sugere assimetria nos dados, possivelmente causada pela presença de outliers ou valores extremos. A baixa variabilidade do pH e do hematócrito indica maior estabilidade nessas medições, enquanto a alta dispersão de cortisol e CK reflete uma maior sensibilidade ao estresse ou diferenças metodológicas entre os estudos. O menor número de observações para LDH, textura e pH da carne, pode ter limitado a representatividade dessas variáveis na meta-análise, sugerindo que são menos frequentemente avaliadas nos estudos incluídos ou que estudos sobre o tema ainda

precisam ser mais explorados.

O tempo de transporte rodoviário dos ovinos não teve efeito significativo sobre o cortisol ($p > 0,05$). Foram observadas maiores oscilações nas concentrações desse hormônio no início da jornada até 2h e 30 min. Os ovinos podem necessitar de até 180 minutos para se adaptarem ao estresse do embarque, independentemente da duração do transporte (Broom, 1996). A ausência de significância estatística no efeito do tempo sugere que a variação do cortisol ao longo do período analisado não seguiu um padrão detectável pelo modelo (Figura 3A). No entanto, a alta significância do efeito do artigo reforça a existência de diferenças metodológicas e contextuais entre os estudos, evidenciando a necessidade de considerar essas variações na interpretação dos resultados. A ausência de efeito significativo no cortisol pode estar associada à adaptação dos ovinos ao estresse do manejo de transporte (Dalmau, 2014; Silva, 2017).

A glicose variou de forma não linear ao longo do tempo, com aumento inicial, estabilização e declínio (Figura 3B), possivelmente refletindo influências fisiológicas que afetam a regulação da glicemia. Houve uma redução sustentada após 13 horas de transporte, sem sinais de recuperação (Figura 3B). Lendrawati et al. (2020), ao avaliarem ovinos transportados por diferentes períodos de até 12 horas, observaram que a redução da glicose está associada ao jejum; levando ao consumo das reservas energéticas por meio dos processos de gliconeogênese e glicogenólise (Parrott et al., 1998; Zhong et al., 2011). Com a utilização das reservas energéticas armazenadas nos tecidos musculares, pode ocorrer redução do peso corporal (Pascual-Alonso *et al.*, 2017; Knowles *et al.*, 1995), como visto neste trabalho.

A ureia aumentou ($p=0,044$) consistentemente após 12h ao longo do transporte (Figura 4A). Zhong (2011) justificou essa ocorrência atribuindo à proteólise, que produzindo aminoácido favorece o aumento das concentrações de amônia que por

desaminação no fígado elevam a produção de ureia no animal (Milano *et al.*, 2000, Milley, 1993). Segundo Messori *et al.* (2017), com a ausência de glicose disponível decorrente da falta de alimentação, o corpo recorre à degradação de proteínas para suprir suas necessidades energéticas, o que pode resultar em um aumento da concentração de produtos de degradação proteica na corrente sanguínea (Liu *et al.*, 2012) associados ao estresse metabólico (Knowles *et al.*, 1995, Krawczel *et al.*, 2007).

As proteínas totais apresentaram um aumento ($p=0,013$) após 12h em função do tempo de transporte (Figura 4B). O aumento da concentração de proteínas totais pode estar associado à hemoconcentração, um indicativo de desidratação em ovinos (Knowles *et al.*, 1994, Patel *et al.*, 2020).

A ausência de significância estatística para o efeito do tempo indica que LDH, CK e PCV não apresentaram variações sistemáticas ao longo do período analisado, sugerindo que os desafios impostos pelo tempo de transporte não foram suficientemente severos para desencadear respostas fisiológicas detectáveis nesses biomarcadores.

A LDH, associada à fadiga (Carnovale *et al.*, 2021, Ekiz *et al.*, 2019), apresentou baixa explicação da deviance (2,98%) e R^2 ajustado negativo, sugerindo que fatores não contemplados podem ter influenciado sua variabilidade. A falta de efeito do artigo sugere padrões metodológicos homogêneos, mas também pode indicar que as diferenças entre estudos não foram suficientes para impactar a LDH.

A CK, um marcador de lesão muscular (Dalmau *et al.*, 2014, De la Fuente *et al.*, 2012), também não apresentou variação significativa, apesar de sua conhecida relação com estresse fisiológico. Essa estabilidade sugere que o transporte não foi suficientemente desgastante para causar lesões musculares detectáveis. No entanto, a explicação da deviance foi baixa (7,17%), indicando que outros fatores não modelados

podem estar interferindo na CK, como intensidade do manejo, fatores ambientais e características individuais dos animais.

O PCV, uma porcentagem de hemácias e pode indicar desidratação (Akin et al., 2018, De la fuente et al., 2010, Ekiz et al., 2019), apresentou explicação da deviance de 26,4% e R^2 ajustado de 0,18, indicando que a hidratação dos animais pode ter sido mantida em níveis que evitaram alterações mensuráveis nesse parâmetro. Contudo, os achados de proteínas totais e ureia são contrários a essa afirmação.

A razão do peso corporal variou de forma não linear ao longo do tempo, com tendência de queda (Figura 6B). A significância do efeito do artigo reforça a existência de uma considerável variabilidade contextual entre os estudos analisados. Diferenças no desenho experimental, no perfil dos indivíduos estudados e nas condições de manejo podem ter impactado diretamente os valores da razão do peso corporal, justificando a elevada heterogeneidade observada. Além disso, o elevado R^2 ajustado (0,869) e a explicação substancial da deviance pelo modelo (91,5%) indicam que a abordagem estatística adotada capturou a maior parte da variação da variável, sugerindo um bom ajuste do modelo.

Os ovinos transportados experimentam perda de peso, a qual se correlaciona com a redução dos níveis de glicose, indicando uma mudança metabólica para a utilização das reservas energéticas armazenadas (Pascual-Alonso *et al.*, 2017; Knowles *et al.*, 1995). Segundo Yalcintan (2018), essa perda pode ser atribuída à restrição de acesso à água, o que pode reduzir o volume plasmático e aumentar as concentrações de metabólitos no sangue. Além disso, ocorre a mobilização de reservas energéticas, especialmente do glicogênio hepático e das reservas lipídicas, como uma resposta adaptativa à restrição alimentar (Warris et al., 1990). Lendrawati et al., (2020) concluíram que, embora sejam observadas reduções significativas de até 5,49% no peso

corporal, essa perda pode não comprometer o bem-estar dos animais transportados por até 12 horas.

A ausência de significância estatística no efeito do tempo para pH e textura sugere que essas variáveis não apresentaram mudanças sistemáticas ao longo do tempo dentro do conjunto de dados analisado (Figura 7A). No caso do pH, esse resultado pode estar relacionado à homeostase fisiológica, que mantém a estabilidade do pH dentro de uma faixa estreita, minimizando variações significativas ao longo do tempo. Em relação à textura (Figura 7B), a falta de um padrão temporal pode indicar que outros fatores, como condições de processamento, temperatura e composição muscular (Thompson et al., 1987, Young et al., 2005), têm um papel mais preponderante do que o tempo em si.

Diferente do que se observou neste trabalho, o pH da carne de ovinos pode ser influenciado por diversos fatores, como o tempo e as condições de transporte, além da idade dos animais, podendo impactar negativamente o consumo de glicogênio após o transporte (Akin *et al.*, 2018; De la Fuente *et al.*, 2010; Zhong *et al.*, 2011). O esgotamento das reservas de glicogênio muscular antes do abate, decorrente dessas condições, pode afetar a queda do pH pós-morte (Kadim *et al.*, 2006). Esse parâmetro é fundamental para a avaliação da qualidade da carne, pois influencia características como textura e maciez, mas o modelo não detectou padrão do efeito do tempo, com variabilidade entre os estudos não tendo influência sobre as observações. Como o pH não houve mudança, e este possui relação estreita com a textura da carne (Dalmau et al., 2014), a textura também não sofreu influência do tempo de transporte.

Com base nos resultados disponíveis neste estudo, observa-se a existência de uma faixa de convergência (Figura 8) ao se observar as linhas de tendência ajustadas aos dados ao longo do tempo quando se sobrepõem esses gráficos, na qual as variáveis significativas se alinham, indicando que o tempo de 12h pode representar um limite

crítico para minimizar os impactos fisiológicos e garantir o bem-estar dos animais.

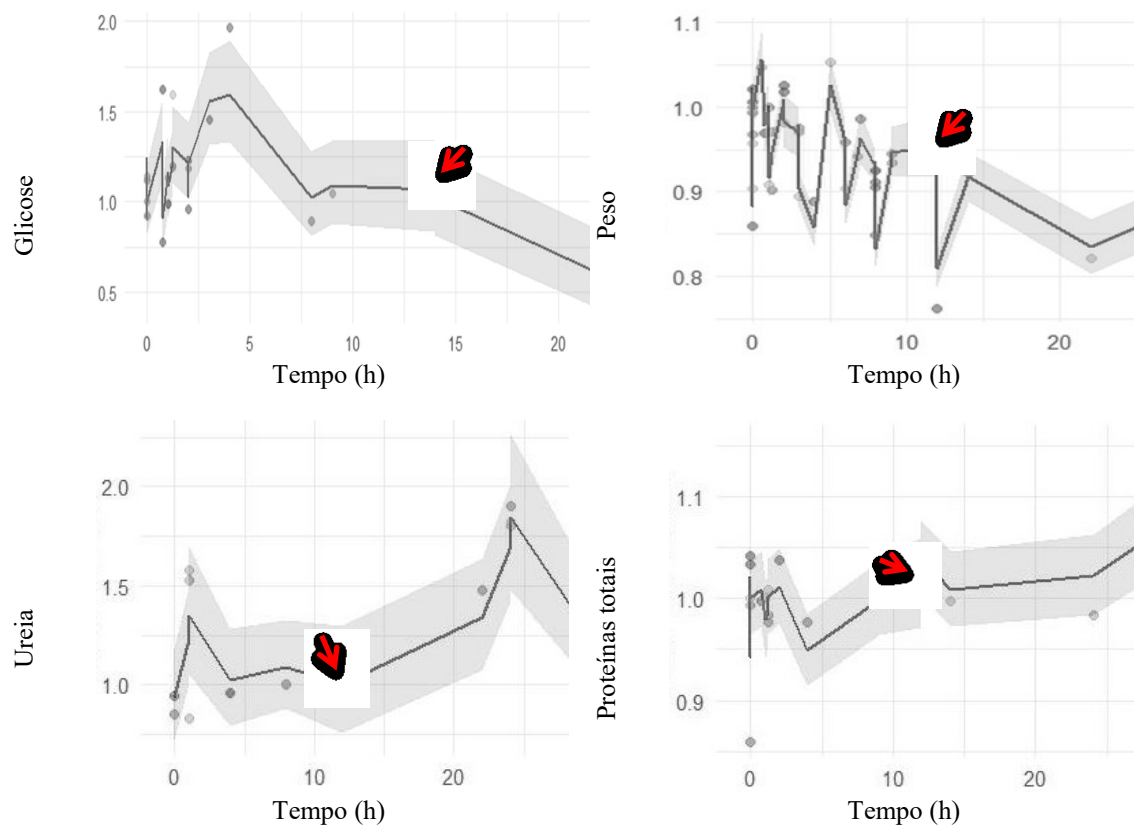


Figura 8 – Faixa de convergência das variáveis significativas no transporte rodoviário de ovinos. A linha preta representa a tendência ajustada dos dados ao longo do tempo. Os pontos indicam as médias observadas para cada ponto experimental. A faixa sombreada em cinza representa o intervalo de confiança de 95%. A seta vermelha representa a faixa de convergência.

CONCLUSÃO

Os resultados desta análise indicam que o tempo de transporte rodoviário influencia diretamente os biomarcadores de estresse, o peso corporal, sem mudanças na qualidade da carne dos ovinos. A convergência dos indicadores biológicos entre 12 e 15 horas sugere um limite crítico para o transporte, evidenciado pela tendência de declínio no bem-estar após 12 horas. Assim, os achados reforçam a necessidade de limitar a duração do transporte rodoviário de ovinos a, no máximo, 12 horas, visando preservar o bem-estar animal.

REFERÊNCIAS

ADZITEY, F. (2011). Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality. *International Food Research Journal*, 18(2), 1-10.

AKIN, P.D., YILMAZ, A., EKIZ, B. et al. (2018). Effects of stocking density on stress responses and meat quality characteristics of lambs transported for 45 minutes or 3 hours. *Small Ruminant Research*, 169, 134-139. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.08.009>.

ALI, B.H., AL-QARAWI, A.A., MOUSA, H.M. et al. (2006). Stress associated with road transportation in desert sheep and goats, and the effect of pretreatment with xylazine or sodium betaine. *Research in Veterinary Science*, 80(3), 343-348. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2005.07.012>

ALTMAN, M.D. (2015). Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 24(2), 335-342. https://http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1679-49742015000200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt.

ANDRONIE, I., CIUREA, A., ANDRONIE, V., et al. (2011). Effects of transport on live weight and behavior of lambs. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 44(2), 367-367. https://mail.spasb.ro/index.php/public_html/article/view/1966

BALDOCK, N.M., SIBLY, R.M. et al. (1990). Effects of handling and transportation on the heart rate and behaviour of sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 28(1-2), 15-39. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90044-E](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90044-E).

BOZDOGAN, H. (1987). Model selection and Akaike's information criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. *Psychometrika*, 52(3), 345-370. <https://doi.org/10.1007/BF02294361>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2018**. Dispõe sobre os requisitos para a produção e a comercialização de sementes de espécies forrageiras. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 195, p. 7, 10 out. 2018. Disponível em: <https://www.in.gov.br/>. Acesso em: 10 fev. 2025, às 12h34.

BRENNECKE, K., ZEFERINO, C. P., SOARES, V. E., et al. (2021). Welfare during pre-slaughter handling and carcass lesions of beef cattle submitted to different loading densities. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 40, 985-991. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5998>.

BROOM, D.M., GOODE, J.A., HALL, S.J.G., et al. (1996). 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*, 152(5), 593-604. [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(96\)80011-X](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(96)80011-X).

BROOM, D.M., MOLENTO, C.F.M. et al. (2004). Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas (Revisão). *Archives of Veterinary Science*, 9(2). Retrieved from <http://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/4057> (accessed 15 April 2023).

CARNOVALE, F., et al. (2021). The effects of vehicle type, transport duration and pre-transport feeding on the welfare of sheep transported in low temperatures. *Animals*, 11(6), 1659. <https://doi.org/10.3390/ani11061659>.

ÇELİK, H.T., ASLAN, F.A., ALTAY, D.U., et al. (2021). Effects of transport and altitude on hormones and oxidative stress parameters in sheep. *PLOS ONE*, 16(2), e0244911. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244911>.

CERRONE, M. Interspecies relationships and their influence on animal handling: a case study in the Tallinn Zoological Gardens. *Biosemiotics*, v. 13, n. 1, p. 115–135, 2020.

CHULAYO, A.Y., MUCHENJE, V. Et al. (2013). The effects of pre-slaughter stress and season on the activity of plasma creatine kinase and mutton quality from different sheep breeds slaughtered at a smallholder abattoir. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(12), 1762-1772. <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i5.12>.

COCKRAM, M.S., et al. (1996). Effect of space allowance during transport on the physiological and behavioural responses of sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 49(1), 98. <https://doi.org/10.1017/S1357729800015009>.

COCKRAM, M.S., KENT, J.E., GODDARD, P.J., et al. (2000). Behavioural and Physiological Responses of Sheep to 16 h Transport and a Novel Environment Post-transport. *Veterinary Journal*, 159(2), 139-146. <https://doi.org/10.1053/tvjl.1999.0411>.

COCKRAM, M.S., KENT, J.E., JACKSON, R.E., et al. (1997). Effect of lairage during 24 h of transport on the behavioural and physiological responses of sheep. *Animal Science*, 65(3), 391-402. <https://doi.org/10.1017/S1357729800008596>.

DALMAU, A., DI NARDO, A., REALINI, C.E., et al. (2014). Effect of the duration of road transport on the physiology and meat quality of lambs. *Animal Production Science*, 54(2), 179-186. <https://doi.org/10.1071/AN13024>.

DE LA FUENTE, J., DE CHÁVARRI, E.G., SÁNCHEZ, M., et al. (2012). The effects of journey duration and space allowance on the behavioural and biochemical measurements of stress responses in suckling lambs during transport to an abattoir. *Applied Animal Behaviour Science*, 142(1-2), 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.08.010>.

DE LA FUENTE, J., SÁNCHEZ, M., PÉREZ, C., et al. (2010). Physiological response and carcass and meat quality of suckling lambs in relation to transport time and stocking density during transport by road. *Animal*, 4(2), 250-258. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991108>.

EKIZ, B., ERGUL EKIZ, E., KOCAK, O., et al. (2012a). Effect of pre-slaughter management regarding transportation and time in lairage on certain stress parameters,

carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Meat Science*, 90(4), 967-976. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.042>.

EKIZ, B., ERGÜL EKIZ, E., YALÇINTAN, H., et al. (2012b). The effects of transport stress on certain welfare parameters and behaviours in Red Karaman, Imroz, Sakiz and Karakul Rams. *Istanbul Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 38(1), 15-28. <https://doi.org/10.16988-iuvfd.80610-173229>.

EKIZ, E.E., YALCINTAN, H., KOCAK, O., et al. (2019). The effects of weaning status and transport duration on some physiological and behavioural responses to transportation in Kivircik lambs. *Small Ruminant Research*, 181, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.10.007>.

FAZIO, E., MEDICA, P., MIGNACCA, S., et al. (2011). Haematological and cortisol changes after a 3 h road journey in sheep. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(19), 2487-2492. <https://doi.org/10.3923/javaa.2011.2487.2492>.

FELL, L.R., SHUTT, D.A. et al. (1986). Use of salivary cortisol as an indicator of stress due to management practices in sheep and calves. Retrieved from <http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/7738> (accessed 28 October 2024).

FELL, L.R., SHUTT, D.A., BENTLEY, C.J. et al. (1985). Development of a salivary cortisol method for detecting changes in plasma "free" cortisol arising from acute stress in sheep. *Australian Veterinary Journal*, 62(12), 403-406. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1985.tb14120.x>

FISHER, A.D., NIEMEYER, D.O., LEA, J.M., et al. (2010). The effects of 12, 30, or 48 hours of road transport on the physiological and behavioral responses of sheep. *Journal of Animal Science*, 88(6), 2144-2152. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1674>.

GUTIÉRREZ DOMINGUEZ, G.; GRANADOS, D. R.; Piar, N. Interacciones humano-animal: características e implicaciones para el bienestar de los humanos. *Revista Colombiana de Psicología*, v. 16, n. 1, p. 163–184, 2007.

HALL, S.J.G., BROOM, D.M., GOODE, J.A., et al. (1999). Physiological responses of sheep during long road journeys involving ferry crossings. *Animal Science*, 69(1), 19-27. <https://doi.org/10.1017/S1357729800051055>.

HEITMANN, R. N.; SENSENIG, S. C.; REYNOLDS, C. K.; et al. (1986) Changes in energy metabolite and regulatory hormone concentrations and net fluxes across splanchnic and peripheral tissues in fed and progressively fasted ewes. *The Journal of Nutrition*, v. 116, n. 12, p. 2516–2524, 1986.

HULTGREN, J., ALGERS, B., ATKINSON, S., et al. (2016). Risk assessment of sheep welfare at small-scale slaughter in Nordic countries, comparing with large-scale slaughter. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 58(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s13028-016-0217-4>.

KADIM, I.T., MAHGOUB, O., ALKINDI, A.Y., et al. (2007). Effect of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality

characteristics in two age groups of Omani sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(3), 424-431. <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.424>.

KADIM, I.T., MAHGOUB, O., AL-MARZOOQI, W., et al. (2009). Effects of transportation during the hot season and low voltage electrical stimulation on histochemical and meat quality characteristics of sheep longissimus muscle. *Livestock Science*, 126(1-3), 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.06.014>.

KNOWLES, T.G., WARRISS, P.D., BROWN, S.N., et al. (1993). Long distance transport of lambs and the time needed for subsequent recovery. *The Veterinary Record*, 133(12), 286-293. <https://doi.org/10.1136/vr.133.12.286>.

KNOWLES, T.G.; WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; et al. Long distance transport of export lambs. *The Veterinary record*, v. 134, n. 5, p. 107–110, 1994.

KRAWCZEL, P.D., FRIEND, T.H., CALDWELL, D.J., et al. (2007). Effects of continuous versus intermittent transport on plasma constituents and antibody response of lambs. *Journal of Animal Science*, 85(2), 468-476. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-226>.

KUMAR, B.R., MURALIDHARAN, M.R., RAMESH, V., et al. (2003). Effect of transport stress on blood profile in sheep. *Indian Veterinary Journal*, 80(6), 511-514. <https://www.researchgate.net/publication/272832168>.

LENDRAWATI, L., PRIYANTO, R., JAYANEGARA, A., et al. (2020). Effect of different transportation period on body weight loss, hematological and biochemical stress responses of sheep. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 45(2), 115-123. <https://doi.org/10.14710/jitaa.45.2.115-123>.

LIU, H.W., ZHONG, R.Z., ZHOU, D.W., et al. (2012). Effects of lairage time after road transport on some blood indicators of welfare and meat quality traits in sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(6), 1127-1135. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01230.x>

MESSORI, S. et al. (2017). Effects of different rest-stop durations at control posts during a long journey on the welfare of sheep. *Veterinaria Italiana*, 53(2), 121-129. <https://doi.org/10.12834/VetIt.316.1483.3>.

MESSORI, S., PEDERNERA-ROMANO, C., MAGNANI, D., et al. (2015). Unloading or not unloading? Sheep welfare implication of rest stop at control post after a 29h transport. *Small Ruminant Research*, 130, 221-228. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.07.012>.

MESSORI, S., SOSSIDOU, E., BUONANNO, M., et al. (2015). A pilot study to develop an assessment tool for sheep welfare after long journey transport. *Animal Welfare*, 24(4), 407-416. <https://doi.org/10.7120/09627286.24.4.407>.

MILANO, G. D.; HOTSTON-MOORE, A.; LOBLEY, G. E. Influence of hepatic ammonia removal on ureagenesis, amino acid utilization and energy metabolism in the ovine liver. *British Journal of Nutrition*, v. 83, n. 3, p. 307–315, 2000.

MILLEY, J. R. Ovine fetal protein metabolism during decreased glucose delivery. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, v. 265, n. 4, p. E525–E531, 1993. DOI: 10.1152/ajpendo.1993.265.4.E525.

MOHER, D. Et al. (2015). Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 24(2), 335-342. <https://doi.org/0.5123/S1679-49742015000200017>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE ANIMAL. **Código sanitário para os animais terrestres**. 22. ed. Paris: OIE, 2013. Disponível em : <https://www.oie.int> . Acesso em: 14 nov. 2024.

PATEL, R. P.; ISLAM, M. M.; SARVAIYA, N. P.; *et al.* Impact of Water Deprivation and Rehydration on Blood Parameters of Sheep under Middle Gujarat Agro-Climatic Condition. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n. 6, p. 104–109, 2020.

PARROTT, R.F., HALL, S.J.G., LLOYD, D.M., *et al.* (1998). Effects of a maximum permissible journey time (31 h) on physiological responses of fleeced and shorn sheep to transport, with observations on behaviour during a short (1 h) rest-stop. *Animal Science*, 66(1), 197-207. <https://doi.org/10.1017/S1357729800008961>.

PASCUAL-ALONSO, M., MIRANDA-DE LA LAMA, G.C., AGUAYO-ULLOA, L., *et al.* (2017). Thermophysiological, haematological, biochemical and behavioural stress responses of sheep transported on road. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(3), 541-551. <https://doi.org/10.1111/jpn.12455>.

PICCIONE, G., CASELLA, S., GIANNETTO, C., *et al.* (2012). Utility of acute phase proteins as biomarkers of transport stress in ewes. *Small Ruminant Research*, 107(2), 167-171. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.05.008>.

PINHEIRO, J., BATES, D., DEBROY, S., *et al.* (2014). Linear and nonlinear mixed effects models. *R package version*, 3(57), 1-89.

PULIDO, M.A., ESTÉVEZ-MORENO, L.X., VILLARROEL, M., *et al.* (2019). Transporters knowledge toward preslaughter logistic chain and occupational risks in Mexico: An integrative view with implications on sheep welfare. *Journal of Veterinary Behavior*, 33, 114-120. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2019.07.001>.

RAULT, J. L.; WAIBLINGER, S.; BOIVIN, X.; *et al.* The power of a positive human-animal relationship for animal welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 7, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.590867/full>. Acesso em: 8 fev. 2025.

RODRÍGUEZ, P., NARDO, A. DI, DALMAU, A., *et al.* (2010). Study of transport duration in lambs: effect on animal welfare and product final quality. XXXV Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC), Valladolid, España, 22-24 de septiembre, 365-369. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163375762>.

SARIÖZKAN, S., CEVGER, Y., ARAL, Y. (2009). Effects of road transport on yearling lambs up to 19 hours. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 56(3), 215-218. https://doi.org/10.1501/vetfak_0000002213.

SCHULTZ, E.B., CONCEIÇÃO, A.R., SIQUEIRA, M.T.S., et al. (2023). Reference intervals for metabolic profile of adult sheep in the tropics: over 12 months. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 75, 1026-1028. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12933>.

SILVA, F.V., BORGES, I., LANA, Â.M.Q., et al. (2017). Welfare of lambs subjected to road transport and assessment of carcasses and meat. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 37(6), 630-636. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000600017>.

SILVA, F.V., et al. (2023). Effect of space allowance during transport of Dorper x Santa Inês lambs on biochemical stress parameters and meat quality. *Small Ruminant Research*, 219, 106910. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.106910>.

ST-PIERRE, N.R. (2001). Invited review: Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *Journal of Dairy Science*, 84(4), 741-755. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74530-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74530-4).

ST-PIERRE, N.R. (2007). Meta-analyses of experimental data in the animal sciences. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 343-358. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/k8Cqpm7zbYfW3hQcVBMcVGv/?lang=en>

WARRISS, P.D., KESTIN, S.C., YOUNG, C.S., et al. (1990). Effect of preslaughter transport on carcass yield and indices of meat quality in sheep. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51(4), 517-523. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740510408>.

YALCINTAN, H., AKIN, P.D., OZTURK, N., et al. (2018). Effect of lairage time after 2 h transport on stress parameters and meat quality characteristics in Kivircik ewe lambs. *Small Ruminant Research*, 166, 41-46. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.07.007>.

YOUNG, O. A.; HOPKINS, D. L.; PETHICK, D. W. Critical control points for meat quality in the Australian sheep meat supply chain. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 45, n. 5, p. 593–601, 2005.

ZHANG, Y.; PHILLIPS, C. J. C. Climatic influences on the mortality of sheep during long-distance sea transport. **Animal**, v. 13, n. 5, p. 1054–1062, 2019.

ZHONG, R.Z., LIU, H.W., ZHOU, D.W., et al. (2011). The effects of road transportation on physiological responses and meat quality in sheep differing in age. *Journal of Animal Science*, 89(11), 3742-3751. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3693>.

Tabela 1- Estatística descritiva pré e pós-transporte de ovinos dos estudos na meta-análise.

Variáveis	Média	Mediana	EP	Percentil 25%	Percentil 75%	VR	NO	QA
Pré transporte								
Cortisol (nmol/L)	56,38	34,52	7,60	22,82	65,42	5,52 a 137,95	81	31
Glicose (mmol/L)	4,37	3,93	0,27	3,50	4,66	2,77 a 5,55	46	17
Ureia (mmol/L)	1,37	0,65	0,60	0,52	0,76	1,66 a 4,99	42	13
PT (g/L)	67,32	66,48	1,85	62,20	71,20	60 a 80	45	17
LDH ($\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{L})$)	19,07	18,55	1,37	17,40	21,12	1,63 a 5,00	33	13
CK ($\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{L})$)	6,26	2,93	2,19	2,23	4,15	0,83 a 3,33	42	17
PCV (L/L)	0,35	0,36	0,005	0,33	0,36	0,25 a 0,45	34	14
Pós transporte								
Cortisol (nmol/L)	268,81	66,17	59,03	33,33	189,79	-	81	31
Glicose (mmol/L)	4,40	4,283	0,22	3,46	5,35	-	46	17
Ureia (mmol/L)	1,91	0,829	0,37	0,15	2,70	-	42	13
PT (g/L)	64,14	67,5	1,78	60,3	73,16	-	45	17
LDH ($\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{L})$)	16,08	17,41	1,70	11,68	20,29	-	33	13
CK ($\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{L})$)	5,75	3,078	2,41	2,29	4,425	-	42	17
PCV (L/L)	0,32	0,33	0,008	0,30	0,357	-	34	14
Peso (kg)	30,91	28,3	1,8	24,9	35,35	-	47	17
pH	5,75	5,71	0,0406	5,64	5,78	-	31	11
Textura (N)	44,55	39,66	3,325	31,69	55,94	-	32	11

Nota: Resultados obtidos a partir de Akin et al. (2018), Ali et al. (2006), Andronie et al. (2011), Baldock et al. (1990), Broom et al. (1996), Carnovale et al. (2021), Cockram et al. (1996), Cockram et al. (1997), Cockram et al. (2000), Dalmau et al. (2014), De la fuente et al. (2010), De la fuente et al. (2012), Ekiz et al. (2012a), Ekiz et al. (2012b), Ekiz et al. (2019), Fazio et al. (2011), Fell et al. (1985), Fell et al. (1986), Fisher et al. (2010), Hall et al. (1999), Kadim et al. (2007), Kadim et al. (2009), Knowles et al. (1993), Krawczel et al. (2007), Kumar et al. (2003), Lendrawati et al. (2020), Liu et al. (2012), Messori et al. (2015), Messori et al. (2017), Parrott et al. (1998), Pascual-Alonso et al. (2017), Piccione et al. (2012), Pulido et al. (2019), Rodriguez et al. (2010), Sariokzan et al. (2009), Silva et al. (2017), Thompson et al. (1987), Warriss et al. (1990), Yalcintan et al. (2018) e Zhong et al. (2011). EP erro padrão, VR valor de referência, NO número de observações, QA quantidade de estudos, PT proteínas totais, LDH lactato desidrogenase, CK creatina quinase, PCV hematócrito. Fonte - do autor, 2024.

Tabela 2 - Indicadores do modelo gamma com função de ligação log avaliando a razão dos níveis de metabólitos sanguíneos antes e após o transporte em função da duração da jornada rodoviária de ovinos

Parâmetro	Cortisol	Glicose	Proteínas totais	Ureia	CK	LDH	PCV
R ² ajustado	0,456	0,614	0,666	0,662	0,070	-0,012	0,18
Deviance explicada (%)	76,4	81,7	76,6	77,5	7,17	2,98	26,4
-REML	69,25	3,4593	-29,668	6,863	12,608	-6,719	-28,46
Escala estimada	0,108	0,0086	0,0002	0,011	0,054	0,007	0,0005
Intercepto (β_0)	0,786	0,5494	0,6327	0,741	0,252	0,567	0,635
Intercepto: p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
s(tempo): edf	1,00	3,315	1,00	1,762	1,00	1,00	2,1
s(tempo): p-valor	0,668	0,0278	0,0131	0,044	0,121	0,415	0,132
s(artigo): edf	15,21	6,566	5,626	3,082	<0,0001	<0,0001	<0,0001
s(artigo): p-valor	0,0003	0,0331	0,051	0,029	0,408	0,562	0,771

REML: Restricted Maximum Likelihood. Edf: Graus de liberdade efetivos. Nota: CK creatina quinase, LDH lactato desidrogenase, PCV hematócrito.

Tabela 3 - Indicadores do modelo gamma com função de ligação log avaliando a razão dos níveis do peso, pH e textura antes e após o transporte em função da duração da jornada rodoviária de ovinos

Parâmetro	Peso Corporal	pH	Textura
R ² ajustado	0,869	0,115	0,766
Deviance explicada (%)	91,5	23,5	81,4
-REML	-78,036	5,6093	131
Escala estimada	0,0001	0,0003	0,0307
Intercepto (β_0)	0,5443	2,4175	4,006
Intercepto: p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
s(tempo): edf	2,536	1,00	1,00
s(tempo): p-valor	<0,0001	0,636	0,252
s(artigo): edf	13,496	2,84	8,501
s(artigo): p-valor	<0,0001	0,136	<0,0001

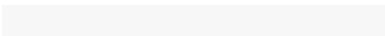
REML: Restricted Maximum Likelihood. Edf: Graus de liberdade efetivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A meta-análise realizada neste estudo demonstrou que a consistência das informações e sua influência são relevantes para subsidiar órgãos reguladores e iniciativas extensionistas no aprimoramento das diretrizes de transporte de ovinos. Os resultados indicaram que tempos prolongados de transporte rodoviário impactam negativamente as variáveis do perfil sanguíneo e o peso corporal, embora não tenham causado efeitos significativos na qualidade da carne.

Diante desses achados, recomenda-se a adoção rigorosa das normas e diretrizes vigentes por transportadores e criadores, com foco na mitigação dos efeitos adversos do transporte sobre o bem-estar animal. No entanto, é essencial aprofundar as investigações para compreender melhor os impactos do tempo de transporte em diferentes contextos produtivos, possibilitando o estabelecimento de referências regionais mais precisas para o planejamento logístico, reforçando a necessidade de limitar a duração do transporte rodoviário de ovinos a, no máximo, 12 horas, visando preservar o bem-estar animal.

Em conclusão, este estudo reforça a importância de reconhecer o transporte rodoviário como um fator crítico no manejo de ovinos, destacando a necessidade de práticas mais seguras e adaptadas ao bem-estar animal, garantindo a sustentabilidade da produção e a qualidade do produto.



APENDICES

ANEXOS

ANEXO I – Informações complementares

1. Todos os valores extraídos dos artigos foram convertidos para unidades do Sistema Internacional (SI), a fim de garantir a padronização dos dados e permitir comparações consistentes entre os estudos. As variáveis fisiológicas pré-transporte foram expressas nas seguintes unidades: cortisol (nmol/L), glicose (mmol/L), ureia (mmol/L), proteína total – TP (g/L), lactato desidrogenase – LDH ($\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{L})$), creatina quinase – CK ($\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{L})$) e volume globular – PCV (L/L). Para o período pós-transporte, as mesmas variáveis foram padronizadas nas respectivas unidades, com a adição de peso corporal (kg), pH da carne (unidade adimensional) e textura da carne (Newton, N).
2. No estudo de Ekiz et al. (2018), foram avaliadas diferentes densidades de estocagem para cada tempo de transporte. Como a densidade não era uma variável de interesse nesta metanálise, foi calculada a média das densidades correspondentes a cada duração de transporte, mantendo-se o tempo como o único efeito fixo considerado nos modelos.
3. No estudo de Ali et al. (2006), os autores avaliaram o uso de drogas com efeito antiestressante em ovinos submetidos ao transporte. Para evitar o uso de dados de animais medicados no grupo transportado, foram considerados apenas os animais que receberam solução salina e foram submetidos ao transporte de 2 horas. Para representar o tempo zero, foi utilizada a média dos dois grupos que receberam drogas, uma vez que esses animais não foram transportados. Dessa forma, garantiu-se que os dados analisados no grupo transportado não refletissem efeitos farmacológicos, mantendo-se o foco exclusivo no impacto do transporte.
4. No estudo de Andronie et al. (2011), dois grupos de cordeiros foram submetidos a diferentes durações de transporte: 6 horas (Lote A) e 16 horas (Lote B). Para esta metanálise, foram utilizados os dados correspondentes a 3 horas de transporte para o Lote A e 12 horas de transporte para o Lote B, tanto para

cortisol quanto para peso vivo. Essa seleção visou representar tempos distintos de exposição ao transporte, evitando interferências do período de descanso posterior à jornada. Como os valores de cortisol foram apresentados apenas em formato gráfico, foi utilizada a ferramenta GIMP para extração e estimativa precisa dos valores correspondentes aos tempos mencionados. Para o acompanhamento do peso vivo, foram utilizados os mesmos tempos (3 h para o Lote A e 12 h para o Lote B), permitindo uma análise coerente dos efeitos fisiológicos durante a jornada, sem influência das fases de recuperação.

5. No estudo de Broom et al. (1996), ovinos foram transportados por um período contínuo de 15 horas, com coletas sanguíneas realizadas a cada 30 minutos durante todo o percurso. Como os valores de cortisol plasmático foram apresentados apenas em formato gráfico, utilizou-se o software GIMP para realizar a extração dos valores numéricos. Para esta metanálise, foram selecionados dois momentos representativos da jornada: o tempo **0** (logo após o carregamento) e o tempo **14,5 horas** (870 minutos), ambos durante a condição de transporte real. A escolha desses tempos visou capturar a resposta fisiológica inicial ao carregamento e a resposta final após prolongada exposição ao transporte.
6. No estudo de Carnovale et al. (2021), os autores investigaram os efeitos do tipo de veículo, duração do transporte e alimentação prévia sobre a resposta fisiológica de ovinos submetidos ao frio. Para esta metanálise, foram utilizados os dados do **Experimento 2**, que avaliou os efeitos de diferentes durações de transporte (1 h e 2 h) sob temperaturas negativas. As variáveis de interesse, incluindo o **cortisol plasmático**, foram extraídas diretamente do **material suplementar do artigo**, no qual os valores médios e desvios padrão estavam claramente apresentados em tabelas. Os dados foram padronizados conforme as unidades do Sistema Internacional e utilizados para representar os tempos de transporte de 1 e 2 horas.
7. No estudo de Cockram et al. (1997), ovinos foram submetidos a 24 horas contínuas de transporte rodoviário ou a confinamento no veículo estacionado, ambos sem acesso a alimento ou água durante o período experimental. Para esta

metanálise, foram considerados apenas os dados desses dois grupos extremos: o grupo **transportado continuamente por 24 h** e o grupo **mantido em veículo estacionado por 24 h** (atuando como controle). Os valores de **cortisol plasmático** foram extraídos visualmente utilizando o software GIMP.

8. No estudo de Cockram et al. (2000), ovinos foram transportados por 16 horas contínuas, em veículo com velocidade média de 70 km/h e espaço de 0,2 m² por animal. Para esta metanálise, como grupo controle (tempo 0), foram considerados os animais não transportados que permaneceram em sua baía interna familiar. Os valores de **cortisol plasmático** foram extraídos visualmente do artigo utilizando o software GIMP, tendo sido selecionados os pontos mais próximos do final do transporte para representar os efeitos acumulados da jornada.
9. No estudo de Dalmau et al. (2014), dois experimentos independentes foram realizados para avaliar o efeito da duração do transporte rodoviário sobre variáveis fisiológicas e qualidade da carne de cordeiros. O **Experimento 1** foi conduzido com cordeiros da raça **Ile-de-France × Merino**, e o **Experimento 2** com cordeiros da raça **Comisana**. Em cada experimento, os animais foram alocados em dois grupos de **20 animais**: um grupo submetido a **1 hora de transporte (T1)** e outro a **24 horas de transporte (T24)**, totalizando **n = 20 por grupo** e **n = 40 por raça**. Para esta metanálise, os dados foram analisados separadamente por raça, mantendo os pares T1 e T24 de cada experimento como contrastes independentes.
10. No estudo de de la Fuente et al. (2012), as variáveis foram reportadas separadamente para três densidades de estocagem dentro de cada tempo de transporte. Para esta metanálise, os valores referentes a cada densidade foram reunidos e a **média aritmética** foi calculada, resultando em um único valor representativo para cada tempo de transporte, independentemente da densidade adotada no estudo.
11. No estudo de Ekiz et al. (2012a), os dados de pós-transporte foram coletados no **início do período de lairage**, imediatamente após o término do transporte. Essa

abordagem permitiu avaliar os efeitos fisiológicos diretos da jornada, antes que os animais fossem influenciados pelo repouso

12. No estudo de Ekiz et al. (2012b), foram avaliados 32 carneiros de quatro raças (Red Karaman, Imroz, Sakız e Karakul), com 8 animais por raça, submetidos a um transporte rodoviário de 75 minutos. Três coletas sanguíneas foram realizadas: na baía de origem (pré-transporte), imediatamente após o desembarque e ao final de um período de lairage de 2 horas. Para esta metanálise, os animais das raças **Red Karaman** e **Imroz** foram utilizados como grupo de **tempo zero**, uma vez que permaneceram nas instalações de origem sem exposição ao transporte. Já os dados de **pós-transporte** foram extraídos dos grupos **Sakız** e **Karakul**, imediatamente após o desembarque, antes da influência do período de descanso.
13. No estudo de Ekiz et al. (2019), 40 cordeiros machos da raça Kivircik foram alocados em um delineamento 2×2 , avaliando os efeitos do **status de desmame** (desmamado vs. lactente) e da **duração do transporte** (45 min vs. 120 min). O transporte foi realizado em dois dias consecutivos, utilizando 20 animais por dia, e o espaço disponível foi padronizado em $0,4 \text{ m}^2/\text{animal}$. Amostras sanguíneas foram coletadas em três momentos: na baía de origem, imediatamente após o transporte, e após duas horas de descanso. Para esta metanálise, foram utilizados os dados **imediatamente após o transporte**, representando a resposta aguda ao estressor. Quando os dados para determinada variável estavam apresentados separadamente por status de desmame, foi calculada a **média entre os dois subgrupos (n = 10 cada)** para representar o efeito geral do tempo de transporte, resultando em **n = 20 por tempo**.
14. No estudo de Fazio et al. (2011), 138 cordeiros da raça Comisana foram divididos em dois grupos: um grupo transportado por 3 horas em percurso rodoviário de 125 km (grupo A) e um grupo controle que permaneceu em repouso na fazenda (grupo B). O grupo transportado foi composto por 93 ovelhas prenhas, 24 ovelhas pós-parto e 15 carneiros; o grupo controle incluiu 45 ovelhas prenhas, 15 ovelhas pós-parto e 10 carneiros. Foram realizadas coletas de sangue antes e após o transporte apenas nos animais do grupo A. Para

esta metanálise, os dados foram utilizados **separadamente por sexo e categoria fisiológica**, sendo considerados os valores **pré e pós-transporte apenas do grupo A**, já que o grupo controle (B) foi amostrado apenas sob condição basal, sem pareamento com transporte.

15. No estudo de Fell e Shutt (1986), a concentração de cortisol salivar foi utilizada como indicador de estresse em ovinos submetidos a diferentes condições de transporte. Para esta metanálise, foram considerados três tempos distintos de exposição: **0 h**, representando o valor basal de ovinos treinados em repouso (**n = 68**); **0,5 h**, representando a resposta aguda ao transporte brusco de curta duração (**n = 8**); e **6 h**, correspondente à resposta ao transporte prolongado sob boas condições (**n = 50**). Os dados foram extraídos do artigo e classificados conforme a duração e intensidade do transporte descritas.
16. No estudo de Fell e Shutt (1986), o cortisol salivar foi utilizado como indicador da resposta ao estresse em ovinos submetidos a diferentes práticas de manejo e transporte. Para esta metanálise, o **tempo 0** foi definido como a **média dos valores basais** obtidos em três grupos de ovelhas: fêmeas treinadas amostradas na “race”, fêmeas treinadas amostradas nas baias (pens) e fêmeas não treinadas amostradas na “race”. Esses grupos foram mantidos em repouso e não submetidos ao transporte, e refletem o estado fisiológico basal de diferentes perfis comportamentais.
17. No estudo de Fisher et al. (2010), foram avaliados os efeitos de diferentes durações de transporte rodoviário (12, 30 e 48 horas) sobre variáveis fisiológicas e comportamentais em ovinos. Foram utilizados grupos distintos de animais para cada duração, com coletas sanguíneas realizadas antes do transporte e imediatamente após a chegada ao destino. Para esta metanálise, foram extraídos os valores de **proteína total plasmática, ureia e peso corporal** referentes aos momentos **pré e pós-transporte** em cada grupo. Como os dados foram apresentados em formato gráficos, os valores foram estimados com auxílio do software GIMP.

18. No estudo de Kadim et al. (2007), avaliou-se o efeito do transporte em condições de alta temperatura ambiente sobre parâmetros fisiológicos e características de carcaça em carneiros com duas idades distintas: 6 e 12 meses. Os animais foram distribuídos em grupos transportados e não transportados, sendo avaliados separadamente por faixa etária. Para esta metanálise, os dados foram organizados conforme o efeito do transporte (presença ou ausência) dentro de cada grupo etário, permitindo a análise das respostas fisiológicas em função da idade e da exposição ao transporte.

19. No estudo de Knowles et al. (1993), foram avaliados os efeitos de longas durações de transporte rodoviário (9 e 14 horas) sobre variáveis fisiológicas e comportamentais em cordeiros. Como os autores relataram ausência de diferença estatística entre os tempos de 9 e 14 horas e apresentaram os dados fisiológicos agrupados, foi considerada a **média dos dois tempos como valor representativo**, que foi **repetida para ambos os pontos** na metanálise. Para a variável comportamental "tempo deitado", foi incluído um **grupo controle (tempo 0)**, baseado nos dados de cordeiros mantidos sem transporte, conforme descrito no artigo. Como não houve coleta contínua no grupo controle até as 14 horas, foi utilizado como referência adicional o ponto imediatamente anterior ao transporte de 9 horas, estimado como **8 horas**.

20. No estudo de Krawczel et al. (2007), foram avaliados os efeitos do transporte contínuo sobre variáveis fisiológicas e imunes em cordeiros da raça Rambouillet × Suffolk. Para esta metanálise, foram utilizados três tempos distintos, todos pertencentes ao grupo submetido ao transporte **sem pausas para descanso: 0 hora**, representando os valores basais obtidos antes da viagem; **8 horas**, correspondente à fase intermediária da jornada; e **22 horas**, ao final do transporte contínuo. Esses tempos foram escolhidos por antecederem qualquer intervenção de repouso, permitindo isolar a resposta fisiológica direta ao estressor do transporte.

21. No estudo de Kumar et al. (2003), avaliou-se o efeito do transporte sobre o perfil sanguíneo de ovinos conduzidos por uma distância de 480 km. Como o artigo não forneceu diretamente a duração da viagem em horas, foi realizada

- uma **estimativa do tempo de transporte** com base na velocidade média calculada a partir de outros estudos incluídos nesta metanálise, resultando em uma velocidade média de **60 km/h**.
22. O estudo de Kumar et al. (2003), foram avaliados os efeitos do transporte sobre o perfil sanguíneo de ovinos submetidos a duas jornadas distintas: 160 km e 480 km. Como o artigo não informou a duração das viagens em horas, foi realizada uma estimativa utilizando o **Google Maps**, com base em rotas rodoviárias plausíveis na região de origem dos autores. A partir disso, estimaram-se os tempos de transporte em **2,99 horas** para 160 km e **6,8 horas** para 480 km.
23. No estudo de Lendrawati et al. (2020), foram avaliados os efeitos de diferentes durações de transporte (4, 8 e 12 horas) sobre variáveis fisiológicas e bioquímicas em carneiros da raça Javanesa de cauda fina, mantidos sob condições tropicais. Para esta metanálise, o **tempo 0** foi definido como a **média das variáveis fisiológicas dos animais não transportados**, avaliados paralelamente aos grupos transportados nos tempos de 4, 8 e 12 horas, sob as mesmas condições de jejum e privação hídrica.
24. No estudo de Liu et al. (2012), foram avaliados os efeitos de diferentes durações de lairage após transporte rodoviário de 8 horas sobre indicadores fisiológicos e características da carne em carneiros Ujimqin. Para esta metanálise, foram utilizados **apenas dois grupos experimentais**: o **grupo controle**, não submetido ao transporte, e o **grupo transportado sem lairage (0 h)**, a fim de isolar os efeitos diretos do transporte sobre os parâmetros avaliados.
25. No estudo de Messori et al. (2015), foi avaliado o impacto de diferentes condições de descanso após uma jornada rodoviária de 29 horas sobre o bem-estar de ovelhas adultas da raça Comisana. Para esta metanálise, foram utilizados apenas os dados do **grupo controle (C)**, que permaneceu na fazenda durante todo o experimento, e do **grupo transportado sem descanso (T)**.
26. No estudo de Messori et al. (2017), foram avaliados os efeitos de diferentes durações de parada (8, 16 ou 24 horas) em posto de controle após um transporte

rodoviário de 29 horas, seguido de um transporte adicional de 6 horas, totalizando 35 horas de jornada. Para esta metanálise, foram utilizados apenas os dados do **grupo controle (C)**, que permaneceu na fazenda durante todo o experimento, e do **grupo avaliado logo após o transporte de 29 horas (t1)**, antes de qualquer descanso.

27. No estudo de Pascual-Alonso et al. (2017), foram avaliadas as respostas fisiológicas, hematológicas, bioquímicas e comportamentais de ovelhas adultas submetidas a 4 horas de transporte rodoviário. Para esta metanálise, foram utilizados apenas os dados do **grupo controle (não transportado)** e do **grupo transportado**, com coleta imediatamente após o transporte. Como o objetivo foi isolar os efeitos do transporte, não foram consideradas as coletas realizadas 4 e 24 horas após o desembarque. A variável NEFA foi apresentada na unidade **mg/mL × 100**, e, devido à ausência da massa molar específica no artigo, **não foi possível realizar a conversão precisa para μmol/L**.
28. No estudo de Silva et al. (2017), a variável creatina quinase (CK) foi apresentada em g/dL, uma unidade de concentração de massa por volume. No entanto, em outros estudos da metanálise, CK foi expressa em μmol/(s·L), que representa atividade enzimática. Como essas unidades descrevem propriedades distintas — concentração versus taxa de reação —, não é possível realizar uma conversão direta entre elas. Por esse motivo, os dados de CK com unidades incompatíveis foram mantidos separadamente e tratados de forma descritiva.
29. No estudo de Thompson et al. (1987), foi avaliado o efeito do jejum sobre a perda de peso em ovinos mantidos com acesso livre à água. Para esta metanálise, foram utilizados exclusivamente os dados do **Experimento 1**, no qual os animais **não foram transportados**, permitindo isolar os efeitos da restrição alimentar. Foram considerados os tempos de **0 e 7 horas** após o início do jejum
30. No estudo de Yalcintan et al. (2018), foram avaliados os efeitos de diferentes durações de lairage após transporte rodoviário de 2 horas sobre parâmetros de estresse e qualidade da carne em cordeiras da raça Kivircik. Para esta metanálise, foram considerados apenas os dados obtidos **imediatamente após o**

transporte, antes do abate. Os grupos com 30 minutos e 2,5 horas de lairage foram agrupados para representar o **tempo 0**, como referência sem recuperação, enquanto os grupos com 5 e 15 horas de lairage foram agrupados como **tempo pós-transporte (2 horas)**, representando animais submetidos ao estressor de transporte.

31. No estudo de Zhong et al. (2011), foram avaliados os efeitos do transporte rodoviário de 8 horas e diferentes tempos de descanso sobre indicadores sanguíneos e características de carcaça em carneiros com 6, 12 e 24 meses de idade. Para esta metanálise, foram utilizados apenas os dados obtidos imediatamente após o transporte, sem influência da permanência em lairage. O **grupo não transportado** foi considerado como **tempo 0**, enquanto o **grupo transportado por 8 horas** foi classificado como **tempo 8**. As análises foram realizadas **separadamente por faixa etária**, respeitando a estrutura experimental do artigo.
32. Quando o artigo descreveu separadamente os tempos de embarque e desembarque, esses foram somados à duração total do transporte. Caso já estivessem incluídos no tempo informado, nenhuma modificação foi realizada.
33. Alguns estudos relataram a temperatura e a umidade relativa do ar medidas dentro do caminhão, enquanto outros apresentaram dados do ambiente externo. Para esta metanálise, ambos os tipos de informação foram utilizados na mesma coluna, sendo considerados como representativos das condições térmicas durante o transporte. O mesmo critério foi aplicado para a variável umidade.
34. Para estudos que realizaram coletas seriadas por meio de cateteres durante o transporte, foi selecionado apenas um ponto de coleta por grupo de animais, priorizando o tempo da chegada ou o mais próximo a ela. Em experimentos que apresentaram diferentes durações de descanso (lairage), foi utilizada a coleta mais próxima ao término do transporte, de modo a isolar o efeito da jornada e minimizar a interferência do repouso.

35. Em experimentos com desembarque seguido de descanso e posterior novo transporte, foram considerados apenas os dados referentes à primeira etapa da jornada. A metanálise priorizou trajetos ininterruptos, sem interferência de lairage intermediário.
36. Para fins de uniformização na metanálise, as variáveis PCV (packed cell volume) e hematócrito foram consideradas equivalentes, uma vez que representam a mesma medida fisiológica.
37. Em alguns estudos, o tempo 0 foi representado por coletas realizadas com os animais dentro do caminhão estacionado, enquanto em outros o tempo 0 correspondeu a coletas realizadas em baias ou currais antes do embarque. Para esta metanálise, ambas as situações foram consideradas equivalentes como condição basal, desde que sem exposição ao deslocamento.

ANEXO II – Estudos incluídos no artigo

Referência	País	Raça	Cta	DOI/Link
Akin et al. (2018)	Turquia	Kivircik	Cordeiro	10.1016/j.smallrumres.2018.08.009
Ali et al. (2006)	Arabia Saudita	Najdi	Ovelha	10.1016/j.rvsc.2005.07.012
Andronie et al. (2011)	Romênia	Spancă/Merinos	Cordeiro	https://mail.spasb.ro/index.php/public_html/article/view/1966
Baldock et al. (1990)	Inglaterra	Border LeicesterxCheviot	Ovelha	10.1016/0168-1591(90)90044-E
Broom et al. (1996)	Inglaterra	Clun Forest	Ovelha	10.1016/S0007-1935(96)80011-X
Carnovale et al. (2021)	China	Dorper × Mongolian	Cordeiro	10.3390/ani11061659
Cockram et al. (1996)	Scotland	Suffolk X Greyface	Cordeiro	10.1017/S1357729800015009
Cockram et al. (1997)	Escócia	Suffolk Greyface	Cordeiro	10.1017/S1357729800008596
Cockram et al. (2000)	Escócia	Suffolk Greyface	Cordeiro	10.1053/tvj.1999.0411
Dalmau et al. (2014)	Espanha	Ile de France xmerino/Comisana	Ovelha	10.1071/AN13024
De la fuente et al. (2010)	Espanha	Assaf	Cordeiro	10.1017/S1751731109991108
De la fuente et al. (2012)	Espanha	Assaf	Cordeiro	10.1016/j.applanim.2012.08.010
Ekiz et al. (2012a)	Turquia	Kivircik	Cordeiro	10.16988-iuvfd.80610-173229
Ekiz et al. (2012b)	Turquia	Red Karaman e Imroz/Sakız e Karakul	Ovelha	10.1016/j.meatsci.2011.11.042
Ekiz et al. (2019)	Turquia	Kivircik	Cordeiro	10.1016/j.smallrumres.2019.10.007
Fazio et al. (2011)	Italia	Comisana	Ovelha	10.3923/javaa.2011.2487.2492
Fell et al. (1985)	Australia	Border Leicester and Merino	NC	10.1111/j.1751-0813.1985.tb14120.x
Fell et al. (1986)	Australia	NC	Ovelha	http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/7738
Fisher et al. (2010)	Australia	Merino	Ovelha	10.2527/jas.2008-1674
Hall et al. (1999)	Inglaterra	NC	NC	10.1017/S1357729800051055
Kadim et al. (2007)	Omã	Omani	Ovelha	10.5713/ajas.2007.424
Kadim et al. (2009)	Omã	Omani	Ovelha	10.1016/j.livsci.2009.06.014
Knowles et al. (1993)	Inglaterra	3/4 Scottish blackface and Cheviot	Cordeiro	10.1136/vr.133.12.286
Krawczel et al. (2007)	USA	Rambouillet × Suffolk	Cordeiro	10.2527/jas.2005-226
Kumar et al. (2003)	India	Mecheri	NC	https://www.researchgate.net/publication/272832168
Lendrawati et al. (2020)	Indonesia	Javanese	Ovelha	10.14710/jitaa.45.2.115-123
Liu et al. (2012)	China	Ujimqin	Cordeiro	10.1111/j.1439-0396.2011.01230.x
Messori et al. (2015)	Italia	Comisana	Ovelha	10.1016/j.smallrumres.2015.07.012
Messori et al. (2017)	Italia	Comisana	Ovelha	10.12834/VetIt.316.1483.3
Parrott et al. (1998)	Inglaterra	Poll Dorset	Ovelha	10.1017/S1357729800008961
Pascual-Alonso et al. (2017)	Espanha	Chamarita	Ovelha	10.1111/jpn.12455
Piccione et al. (2012)	Italia	Comisana	Ovelha	10.1016/j.smallrumres.2012.05.008

Pulido et al. (2019)	México	NC	NC	10.1016/j.jveb.2019.07.001
Rodriguez et al. (2010)	Espanha	Comisana	Cordeiro	https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163375762
Sariokzan et al. (2009)	Turquia	Akkaraman	Cordeiro	10.1501/vetfak_0000002213
Silva et al. (2017)	Brasil	Santa Inês x Dorper	Cordeiro	10.1590/S0100-736X2017000600017
Thompson et al. (1987)	Australia	Poll Dorset, Border Leicester × Merino	Cordeiro	10.1016/0309-1740(87)90084-2
Warriss et al. (1990)	Inglaterra	Down	Cordeiro	10.1002/jsfa.2740510408
Yalcintan et al. (2018)	Turquia	Kivircik	Ovelha	10.1016/j.smallrumres.2018.07.007
Zhong et al. (2011)	China	Ujumqin	Ovelha	10.2527/jas.2010-3693

Fonte – do autor, 2024. Categoria animal Cta, NC não citado.