

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA LARISSA PORTELA

EFEITO DO TAMANHO DO GRUPO DURANTE A CONDUÇÃO ENTRE A BAIA DE
DESCANSO E A INSENSIBILIZAÇÃO SOBRE FATORES DE QUALIDADE E
ACEITABILIDADE DA CARNE SUÍNA REFRIGERADA

PALOTINA

2024

BRUNA LARISSA PORTELA

EFEITO DO TAMANHO DO GRUPO DURANTE A CONDUÇÃO ENTRE A BAIA DE
DESCANSO E A INSENSIBILIZAÇÃO SOBRE FATORES DE QUALIDADE E
ACEITABILIDADE DA CARNE SUÍNA REFRIGERADA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Cunha Barcellos

PALOTINA

2024

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.
Biblioteca UFPR Palotina.

P843 Portela, Bruna Larissa
Efeito do tamanho do grupo durante a condução entre a baixa de descanso e a insensibilização sobre fatores de qualidade e aceitabilidade da carne suína refrigerada / Bruna Larissa Portela. – Palotina, PR, 2024.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Coorientador: Prof. Dr. Vinicius Cunha Barcellos.

1. Bem-estar animal. 2. Qualidade de carne. 3. Suínos.
I. Barcellos, Vinicius Cunha. II. Universidade Federal do Paraná.
III. Título.

CDU 636.4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA ANIMAL -
40001016077P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de BRUNA LARISSA PORTELA Intitulada: EFEITO DO TAMANHO DO GRUPO DURANTE A CONDUÇÃO ENTRE A BAIJA DE DESCANSO E A INSENSIBILIZAÇÃO SOBRE FATORES DE QUALIDADE E ACEITABILIDADE DA CARNE SUÍNA REFRIGERADA, sob orientação do Prof. Dr. VINICIUS CUNHA BARCELLOS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 16 de Dezembro de 2024.

Assinatura Eletrônica

17/12/2024 16:36:24.0

VINICIUS CUNHA BARCELLOS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

18/12/2024 10:07:31.0

LAURA ADRIANE DE MORAES PINTO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

17/12/2024 16:50:51.0

JÉSSICA DE OLIVEIRA MONTESCHIO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO)

Dedico essa dissertação aos meus pais, Jairo e Terezinha, exemplos de simplicidade e coragem, que com muita dedicação me auxiliaram e contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional. E ao meu marido Guilherme, pela incessante motivação e compreensão durante todo o trabalho.

AGRADECIMENTOS

Meu maior agradecimento à Jesus Cristo e Nossa Senhora Aparecida, pela oportunidade de realizar o Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal junto à Universidade Federal do Paraná.

À toda minha família pelo incentivo e apoio durante a realização deste projeto. Ao meu marido Guilherme Riedi Vendrame, pela compreensão, apoio e motivação frente aos desafios diários.

Ao professor Dr. Geraldo Camilo Alberton pela oportunidade concedida e apoio durante o período de orientação. Ao professor Dr. Vinicius Cunha Barcellos por aceitar me orientar no período final do Curso e por toda a ajuda prestada durante o desenvolvimento do trabalho. Meu muito obrigada!

À Agrocere PIC, pela compreensão e por toda ajuda financeira para o desenvolvimento do Curso, por estarem próximos na realização deste sonho e incentivo à pesquisa científica.

À empresa Frivatti e seus colaboradores, que sempre estão de portas abertas auxiliando nos trabalhos desenvolvidos e que contribuíram mais uma vez com o aval positivo para esta pesquisa científica.

À Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela oportunidade de realizar mais este sonho, assim como a minha graduação.

À professora Dra. Laura Adriane de Moraes Pinto por todo auxílio na parte estatística e condução de análise.

A todos, muito obrigada!

Os animais foram criados pela mesma mão caridosa de Deus que nos criou.
É nosso dever protegê-los e promover o seu bem-estar. Se aprendermos a amá-los
como eles merecem, estaremos mais perto de Deus.

(Madre Teresa)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto do número de animais nos grupos de condução, desde a retirada da baia de descanso até a insensibilização, sobre a qualidade da carne suína, durante a transformação do músculo em carne e durante o armazenamento refrigerado por sete dias em condições comerciais. Foram analisadas também a aceitação visual, as preferências dos consumidores, o perfil socioeconômico e os hábitos de consumo. Um total de 256 machos imunocastrados foram submetidos a um manejo padronizado, com 18 horas de jejum total, transporte de 1 hora de trajeto até o frigorífico e 3 horas de descanso pré-abate. Os animais foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais: Grupo 7 (7 animais por condução), Grupo 10 (10 animais) e Grupo 15 (15 animais), com movimentação contínua e alternada. Os animais foram abatidos conforme o Regulamento Técnico de Manejo Pré-abate e Abate Humanitário e a Portaria MAPA - nº1.304. Após abate, as carcaças foram pesadas, divididas medialmente e identificadas. A temperatura do músculo *longissimus thoracis* (LT) foi registrada na altura da 10ª costela da meia carcaça esquerda, que foram mantidas em câmara de resfriamento a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ por 12 horas. A curva de declínio do pH foi monitorada nas primeiras 3 horas pós-abate e, em intervalos de 6, 8 e 12 h, utilizando pHmetro portátil calibrado. Amostras do LT foram coletadas aleatoriamente de 30 carcaças resfriadas (10 carcaças por tratamento) e preparadas em bifes de 2,5 cm, embalados em bandejas de poliestireno com filme permeável ao oxigênio. Os bifes foram expostos a vitrine refrigerada (4°C) com iluminação por 7 dias. As propriedades tecnológicas, sendo elas, oxidação lipídica, pH, cor instrumental, textura, perda por cocção e perda por exsudação foram avaliadas aos 1, 5 e 7 dias de exposição. A aceitação visual dos consumidores e sua intenção de compra também foram avaliadas. Grupos maiores (15 animais) apresentaram maior estresse pré-abate, evidenciado por pH inicial mais baixo (6,48) e temperatura muscular mais elevada ($41,34^{\circ}\text{C}$), associados à interação social e dificuldade de manejo. Apesar disso, o número de animais nos grupos de condução não influenciou significativamente os parâmetros analisados ($P > 0,05$). Já o período de exposição refrigerada mostrou impacto significativo ($P < 0,05$), resultando em maior oxidação lipídica, perda por cocção e textura ao longo do tempo. Para cor, L^* foi mais alto no quinto dia, enquanto b^* aumentou nos dias cinco e sete, e a^* reduziu ao final do período. O pH diminuiu até o quinto dia e aumentou no sétimo, enquanto a perda por exsudação foi mais alta às 24 horas, com redução após 48 horas. Os consumidores preferiram e apresentaram maior intenção de compra para a carne do grupo 7. Embora o manejo pré-abate, especialmente durante a movimentação dos animais da área de descanso até o processo de insensibilização, tenha influenciado o pH inicial e a temperatura muscular, esses fatores não comprometeram a qualidade tecnológica final do produto. No entanto, destaca-se que o grupo 7 contribuiu significativamente para preservar a aceitabilidade sensorial e a intenção de compra pelos consumidores.

Palavras-chave: Estresse, Qualidade de carne, Suínos, Bem-estar animal.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the impact of the number of animals in the driving groups, from the removal of the resting pen to stunning, on the quality of pork meat, during muscle-to-meat transformation and refrigerated storage for seven days under commercial conditions. Visual acceptance, consumer preferences, socioeconomic profile, and consumption habits were also analyzed. A total of 256 immunocastrated male pigs underwent standardized management, with 18 hours of total fasting, a 1-hour transport to the slaughterhouse, and 3 hours of resting. The animals were randomly divided into three experimental groups: Group 7 (7 animals per drive), Group 10 (10 animals), and Group 15 (15 animals), with continuous and alternating movement. The animals were slaughtered according to Technical Regulation for Pre-slaughter Management and Humane Slaughter and by MAPA Ordinance - 1,304. After slaughter, the carcasses were weighed, split medially, and identified. The temperature of the *longissimus thoracis* (LT) muscle was recorded at the 10th rib of the left half-carcass, which was kept in a cooling chamber at $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ for 12 hours. The pH decline curve was monitored during the first 3 hours post-slaughter and at intervals of 6, 8, and 12 hours, using a calibrated portable pH meter. Samples from the LT muscle were randomly collected from 30 chilled carcasses (10 carcasses per treatment) and prepared into 2.5 cm steaks, which were packaged in polystyrene trays with oxygen-permeable film. The steaks were exposed to a refrigerated display case (4°C) with lighting for 7 days. Technological properties, namely, lipid oxidation, pH, instrumental color, texture, cooking loss, and exudation loss were evaluated on days 1, 5, and 7 of exposure. Consumer visual acceptance and purchase intention were also assessed. Larger groups (15 animals) showed higher pre-slaughter stress, evidenced by lower initial pH (6.48) and higher muscle temperature (41.34°C), associated with social interaction and handling difficulties. Despite this, the number of animals in the driving groups did not significantly influence the analyzed parameters ($P > 0.05$). However, the refrigerated exposure period showed a significant impact ($P < 0.05$), resulting in increased lipid oxidation, cooking loss, and texture changes over time. For color, L^* was higher on the fifth day, while b^* increased on days five and seven, and a^* decreased at the end of the period. pH decreased until the fifth day and increased on the seventh, while exudation loss was higher at 24 hours, with a reduction after 48 hours. Consumers preferred and showed a higher purchase intention for the meat from Group 7. Although pre-slaughter handling, especially during the movement of animals from the resting area to the stunning process, influenced initial pH and muscle temperature, these factors did not compromise the final technological quality of the product. However, it is emphasized that Group 7 significantly contributed to preserving sensory acceptability and consumer purchase intention.

Keywords: Stress, Meat quality, Pigs, Animal welfare.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MODELO “CINCO DOMÍNIOS	17
FIGURA 2 - FOTOS DOS GRUPOS AVALIADOS.....	33
FIGURA 3 - ESCALA HEDÔNICA SEM PONTO CENTRAL.....	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -PESO DE CARÇAÇA, TEMPERATURA E TEMPO DE CONDUÇÃO DOS ANIMAIS. ¹	39
TABELA 2 - DECRÉSCIMO DE PH NA TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE ¹	41
TABELA 3 -EFEITO DO TAMANHO DO GRUPO DE CONDUÇÃO NOS PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA REFRIGERADA ¹	45
TABELA 4 -PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS PARTICIPANTES (IDADE, GÊNERO, RENDA E ESCOLARIDADE) (n=110 CONSUMIDORES) ¹	47
TABELA 5 -PERFIL DE PREFERÊNCIAS E HÁBITOS DE CONSUMO (N=110 CONSUMIDORES)	48
TABELA 6 -ACEITAÇÃO VISUAL E INTENÇÃO DE COMPRA PELO CONSUMIDOR (n=110 CONSUMIDORES). ¹	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. BEM-ESTAR ANIMAL.....	16
2.2. RESPOSTA COMPORTAMENTAL	17
2.3. FISIOLOGIA DO ESTRESSE	18
2.4. INFLUÊNCIA DO ESTRESSE NA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA	20
2.5. EFEITOS DOS MANEJOS PRÉ-ABATE SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA	23
2.5.1. Embarque e transporte	24
2.5.2. Desembarque, período de descanso e condução dos animais no frigorífico..	27
2.5.3. Insensibilização e abate.....	29
3. OBJETIVOS	31
3.1. OBJETIVO GERAL	31
3.1.1. Objetivos específicos	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1. ANIMAIS, TEMPO DE CONDUÇÃO E ABATE.....	31
4.2. TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE	32
4.2.1. Curva de declínio de pH e Temperatura de resfriamento	32
4.3. QUALIDADE DA CARNE.....	33
4.3.1. Oxidação lipídica	34
4.3.2. Textura.....	34
4.3.3. pH.....	34
4.3.4. Cor instrumental	35
4.3.5. Perdas por cocção e exsudação.....	35
4.3.6. Aceitação visual e intenção de compra.....	36
4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1. TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE	38
5.2. QUALIDADE DE CARNE.....	42
5.2.1. Oxidação lipídica	42
5.2.2. Perda por Cocção (PPC) e Textura	43
5.2.3. Parâmetros de cor	43

5.2.4. pH.....	43
5.2.5. Perda por Exsudação	44
5.3. ACEITAÇÃO VISUAL, INTENÇÃO DE COMPRA E PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS PARTICIPANTES	46
6. CONCLUSÃO	50
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

Segundo a ABPA, a produção brasileira de carne suína, bem como seu consumo per capita, tem crescido a cada ano, tendo atingido em 2023 os 18,3kg/habitante. Dentre essa produção, 23,85% foram destinados à exportação. Já a produção mundial, no ano de 2023, foi de 115.215 mil toneladas, 0,59% maior que o ano anterior.

De acordo com Bridi; Silva (2009), juntamente com a evolução da produção, a busca por produtos de melhor qualidade e valor agregado acontecem para assegurar a satisfação do consumidor e dependem não somente do sistema de criação de suínos, genética e nutrição. Os processos químicos e físicos que ocorrem durante a transformação do tecido muscular em carne definem a qualidade desta e estes podem ser influenciados por fatores intrínsecos e extrínsecos.

Um dos fatores que influencia na qualidade da carne é o estresse o qual os suínos são submetidos durante os manejos realizados momentos antes do abate (Teixeira; Boyle, 2014). O estresse é o parâmetro mais importante para avaliação do bem-estar animal e pode ser avaliado com a mensuração de parâmetros sanguíneos, como cortisol e creatinoquinase (Rocha, 2023).

O período de descanso no frigorífico é uma importante prática de manejo, que tem sido utilizada para possibilitar a recuperação dos animais do estresse físico e emocional ocorrido no transporte, além disso, este período auxilia na manutenção da velocidade constante da linha de abate (Dalla Costa et al., 2006). Para tanto, é usual deixar os animais em repouso nas baias do frigorífico de 1 a 6 horas, tempo necessário para a recuperação das reservas de glicogênio, o que possibilita a produção de carcaças de boa qualidade, baseado em avaliações de pH, cor e perda de água (Warriss, 1998).

Diversos autores já apontaram o efeito do tempo de descanso sobre o estresse e a qualidade da carne suína (Dokmanović et al., 2014; Guàrdia et al., 2004, 2005; Warriss, 1998), com descansos mais curtos e mais longos relacionados com um maior risco de produção de carne PSE e DFD, respectivamente.

Segundo o Guia Valor Máximo de Carcaça (Agroceres PIC), o tamanho do grupo na condução dos animais da pocilga de descanso até a insensibilização é um fator que impacta diretamente o estresse físico dos animais, sendo essencial que essa condução ocorra em grupos de tamanho adequado, permitindo uma interação positiva

entre os animais e o manejador, o que facilita o deslocamento e promove o bem-estar animal. Entretanto, as diretrizes regulamentadoras não especificam exigências sobre o número ideal de animais para esse transporte. Na prática, essa quantidade é geralmente determinada pelo inspetor e pelos funcionários da planta.

O impacto do número de animais nos grupos de condução, desde a retirada da baia de descanso até a insensibilização, foi avaliado considerando seus efeitos na qualidade da carne suína, tanto durante a transformação do músculo em carne quanto durante o armazenamento refrigerado em condições comerciais ao longo de sete dias, também foram analisadas a aceitação visual e as preferências dos consumidores, bem como o perfil socioeconômico e os hábitos de consumo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. BEM-ESTAR ANIMAL

De acordo com a Organização Mundial de Saúde Animal (WOAH, 2024), o termo “Bem-Estar Animal” refere-se ao “o estado físico e mental de um animal em relação às condições em que vive e morre” e está conceituado no capítulo 7.1 do Código Sanitário de Animais Terrestres. Esse conceito corrobora com a definição de Broom; Johnson (1993), que descrevem o bem-estar animal como o estado físico e psicológico de um indivíduo em relação às suas tentativas de se adaptar ao meio em que vive. Assim, o bem-estar animal é uma ciência que deve estar presente em todas as etapas da vida do animal, desde o nascimento até a morte.

A origem do termo bem-estar animal remonta à década de 1960, com a publicação do livro *Animal Machines* (Harrison; Dawkins, 1964), que desempenhou um papel fundamental no movimento moderno de defesa dos animais. Em resposta ao impacto gerado pelo livro, o governo britânico nomeou uma comissão técnica composta por veterinários, agrônomos, um cirurgião e zoólogos. F.W.R. Brambell presidiu o grupo, conhecido como Comitê Brambell, encarregado de avaliar o bem-estar dos animais criados de forma intensiva.

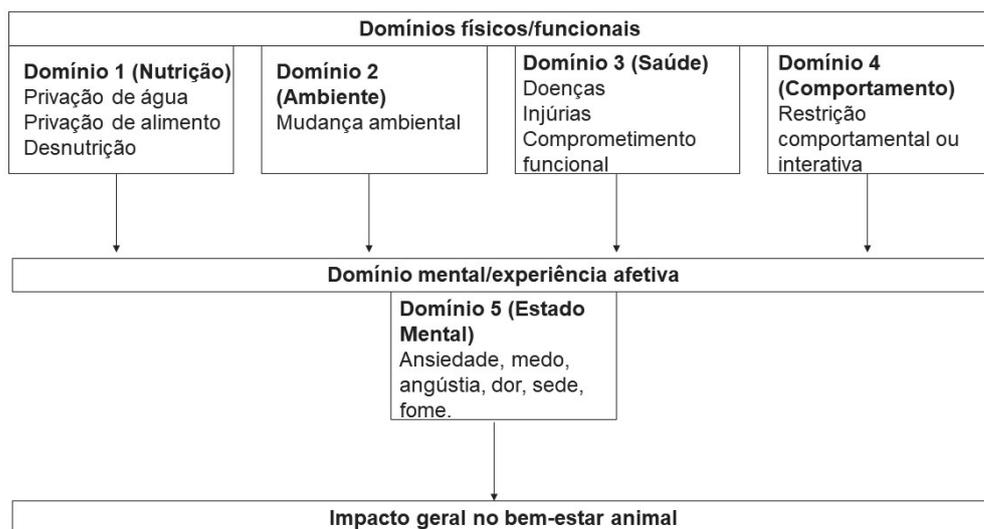
Em 1965, o conceito de bem-estar animal foi formalmente mencionado pela primeira vez no relatório produzido por essa comissão. Nele, foram avaliados métodos de produção utilizados e apresentadas recomendações gerais, como a necessidade de leis que protegessem adequadamente os animais criados em sistemas intensivos, além de diretrizes específicas para cada espécie (Rocha, 2023).

As constatações do relatório publicado em 1965 levaram à criação do Farm Animal Welfare Council em 1979. Esse órgão desenvolveu um documento que se tornou um marco na área, estabelecendo os princípios que, atualmente, norteiam as boas práticas e legislações relativas ao bem-estar animal. Esse documento é amplamente conhecido por apresentar as Cinco Liberdades dos Animais, que preconizam que os animais devem estar livres de fome e sede, desconforto, dor, doença e injúria, além de terem liberdade para expressar os comportamentos naturais da espécie e estar livre de medo e estresse.

Posteriormente, Mellor & Reid (1994) propuseram o modelo dos “Cinco Domínios” (FIGURA 1), como uma forma sistemática de avaliar o bem-estar em

sistemas de produção. Este modelo considera quatro domínios físicos ou funcionais (nutrição, ambiente, saúde e comportamento) e um domínio mental (estado mental ou afetivo), visando determinar níveis aceitáveis e inaceitáveis de bem-estar, oferecendo uma abordagem abrangente para a avaliação e melhoria das condições dos animais.

FIGURA 1 - MODELO “CINCO DOMÍNIOS



FONTE: Adaptado de Mellor; Reid (1994).

2.2. RESPOSTA COMPORTAMENTAL

Etologia é a ciência que estuda o comportamento dos animais e seres humanos. A análise do comportamento dos animais é um procedimento tão antigo quanto à própria existência da humanidade. Nossos ancestrais dependiam da observação dos movimentos dos animais para localizar fontes de alimento, evitar alimentos perigosos, proteger-se de predadores e, mais tarde, domesticar e criar espécies para a subsistência, proteção de plantações e manejo de rebanhos (Vieira, 2009).

Charles Darwin foi o pioneiro na observação e descrição científica do comportamento do animal, incorporando padrões comportamentais e morfológicos à sua teoria da evolução. Seu relatório abriu caminho para estudos que associam o comportamento animal à biologia evolutiva.

O relatório do Comitê Brambell, publicado em 1965, destacou a importância de avaliar os sentimentos dos animais com base em indicadores observáveis, como

vocalizações, reações comportamentais, saúde e produtividade. Essa abordagem foi fundamentada na compreensão de que, devido às semelhanças anatômicas e fisiológicas, mamíferos domésticos e aves podem experimentar sensações semelhantes às dos humanos.

Em 2009, o projeto Welfare Quality© desenvolveu protocolos baseados nos princípios das Cinco Liberdades, estabelecidos em 1979. Esses protocolos foram organizados em 12 critérios de bem-estar animal reagrupados em 4 princípios fundamentais: boa alimentação, bom alojamento, boa saúde e comportamento adequado. O quarto princípio, em particular, avalia a expressão dos comportamentos sociais, incluindo interações agonísticas, outros comportamentos naturais, relação entre humano-animal e estados emocionais positivos (Rocha, 2023).

O comportamento dos animais, individualmente ou em grupo, irá variar segundo sua raça, sexo, temperamento e idade, assim como pelo modo como foram criados e manejados. No caso dos suínos, animais gregários por natureza, é fundamental que convivam com seus semelhantes, pois isso contribuiu para a formação de hierarquias sociais estáveis (Nawroth et al., 2019). Comportamentos como brincadeiras e vocalizações específicas frequentemente indicam um estado de bom bem-estar e saúde.

Por outro lado, alterações comportamentais podem sinalizar problemas de saúde e bem-estar animal. Entre esses sinais estão tentativas de fuga, mudanças na ingestão de água e alimento, alterações na locomoção e postura, tempo de permanência deitados, amontoamento em resposta ao frio ou ao medo, vocalizações agudas e repetitivas, indicando dor ou sofrimento. Além disso, do aumento de comportamentos agonísticos, como brigas e montas, e as estereotípias, as quais são caracterizadas como um comportamento repetitivo induzido pela frustração, estresse crônico ou disfunção do sistema nervoso central. Em suínos é comum observar mastigação simulada, ranger de dentes, lambedura do piso e morder de barras (WOAH, 2024).

2.3. FISIOLOGIA DO ESTRESSE

A homeostasia é a capacidade do organismo de resistir às mudanças externas, mantendo-se em equilíbrio interno. Para que ocorra a resposta fisiológica ao estresse, é necessário que um agente estressor perturbe a homeostasia do animal,

ao ponto que, provoque a ativação do eixo-hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HHA) (SANTOS, 2005).

Diante de um estímulo estressante, as glândulas suprarrenais, localizadas de forma simétrica acima dos rins e compostas por medula e córtex, entram em ação. A medula adrenal é responsável pela produção de catecolaminas, como norepinefrina e epinefrina, essenciais para a resposta de “luta ou fuga” (Haller et al., 1997). Já o córtex adrenal sintetiza hormônios esteroides, como o cortisol, que, juntamente com as catecolaminas, desempenham papel crucial no funcionamento normal do organismo. Entretanto, a ativação prolongada de ambos os sistemas (hipofisário-adrenal e simpático-adrenal) pode levar à exaustão (Faucitano; Lambooj, 2019).

O córtex suprarrenal sintetiza dois tipos principais de hormônios, os mineralocorticoides e os glicocorticoides. Os mineralocorticoides receberam esse nome por atuarem, especificamente, nos eletrólitos dos líquidos extracelulares, em especial sódio e potássio (Amodeo et al. 2010; Hall & Hall, 2011), além de influenciar a pressão arterial, já que participam do equilíbrio eletrolítico. Por sua vez, os glicocorticoides, secretados pela corticotrofina, regulam praticamente todos os aspectos metabólicos como, por exemplo, em uma situação de lesão, mobilizam a glicose como fonte de energia disponível para evitar ou cicatrizar a lesão. Em animais submetidos a ambientes estressantes, é comum observar o aumento do córtex adrenal como adaptação ao estresse (Cunningham; Klein, 2008).

Durante o estresse, ocorre uma resposta coordenada pelo sistema nervoso e pelo sistema endócrino. Inicialmente, o hipotálamo libera o fator liberador de corticotropina (CRH), que estimula a hipófise a secretar o hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) na corrente sanguínea. O ACTH, por sua vez, induz as glândulas suprarrenais a liberarem cortisol, um dos principais moduladores da resposta ao estresse (Oliveira, 2013). Simultaneamente, o hipotálamo ativa o sistema nervoso autônomo, desencadeando uma resposta nervosa imediata e uma resposta endócrina prolongada. Esse processo prepara o corpo para a reação de “luta ou fuga”, promovendo, entre outras ações, a liberação de catecolaminas que interagem com receptores adrenérgicos (Bear et al., 2017; Oliveira, 2013).

As catecolaminas, como epinefrina e norepinefrina, estimulam receptores β_1 , aumentando a frequência e a força das contrações cardíacas, enquanto promovem a glicogenólise e a gliconeogênese hepáticas, elevando os níveis de glicose no sangue (Bezerra et al. 2019). Na musculatura esquelética, ocorre a produção de lactato, que

é posteriormente convertido em glicose pelo fígado, assegurando energia para a resposta ao estresse (Cunningham; Klein, 2008).

Indicadores fisiológicos, como elevação da temperatura corporal, frequência cardíaca, níveis de glicose e lactato no sangue, além de hormônios como adrenalina e cortisol, são frequentemente associados à resposta ao estresse (Faucitano; Lambooi, 2019; Fernandez et al., 1994; Terlouw, 2005).

A creatinofosfoquinase e o lactato são liberados no sangue quando há algum dano muscular (hematoma) causado pelo exercício físico vigoroso (Correa et al., 2014; Somavilla et al., 2017), podendo ser encontrados em altos níveis no sangue dos animais em decorrência dos manejos estressantes ocorridos no período pré-abate, como embarque, desembarque e condução até insensibilização (Geverink et al. 1998; Kim et al., 2004).

Para avaliar o estresse agudo sofrido até duas horas antes do abate e exsanguinação, o lactato é o indicador de escolha, visto que o pico máximo de concentração ocorre quatro minutos após o estresse muscular e retorna aos níveis basais duas horas após o exercício físico intenso (Anderson, 2010). Já a creatinoquinase é o metabólito eleito para refletir o estado fisiológico dos animais a longo prazo, uma vez que o pico plasmático ocorre 6 horas após o estresse e retorna aos níveis basais até 48 horas depois (Correa et al., 2013).

2.4. INFLUÊNCIA DO ESTRESSE NA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Suíños quando submetidos a condições estressantes durante o manejo pré-abate e abate apresentam modificações bioquímicas musculares consideráveis que podem interferir de forma decisiva na qualidade da carne (Santiago et al., 2012).

O músculo esquelético é composto de centenas, ou mesmo de milhares, de células ou fibras musculares agrupadas e envoltas em uma cobertura de tecido conjuntivo (Aberle et al., 2012). A menor porção da fibra muscular, com capacidade de contração e distensão é chamada de sarcômero, formados a partir de actina e miosina, bem como várias proteínas “auxiliares” associadas. A miosina é uma proteína composta por caudas entrelaçadas das unidades individuais de miosina. As cabeças das unidades ficam acima de suas hastes e são atraídas pelo filamento de actina, formando pontes cruzadas que permitem ciclos de contração e relaxamento. O músculo esquelético é um tecido complexo, caracterizado por condições fisiológicas

sofisticadas. Os sistemas nervoso, circulatório, respiratório e endócrino são todos críticos para fornecer oxigênio, energia e regular o pH e a temperatura, mantendo a homeostase do músculo.

Os músculos utilizam uma fonte de energia chamada Adenosina Trifosfato (ATP) para a contração e relaxamento muscular e a homeostase do cálcio (Ca^{2+}), sendo o ATP formado a partir de glicose ou precursores de glicose sob condições aeróbicas ou anaeróbicas através da glicólise. Na condição aeróbica formam-se 38 ATP e apenas 2 ATP e 2 piruvatos em condições anaeróbicas por molécula de glicose. O metabolismo anaeróbico também ocorre quando o animal passa por um momento estressor e os hormônios do estresse (principalmente adrenalina e cortisol) são secretados (Rosa, 2003).

De acordo com Bridi, quando o animal está vivo, o piruvato é convertido em ácido láctico, que é transferido do músculo para o fígado para ser convertido novamente em glicose. Essa glicose pode voltar ao músculo para produção de energia, à medida que a resposta de luta ou fuga diminui. Quando um suíno é abatido, no momento da morte/ exsanguinação, o suprimento de sangue para as células musculares é perdido, resultando em perda de suprimentos de nutrientes, capacidade de regular a temperatura e de oxigênio, iniciando o metabolismo anaeróbico. Na tentativa de manter os níveis de ATP, as células utilizam a reserva de glicogênio de forma anaeróbica, ocorrendo aumento na concentração de piruvato, resultando conseqüentemente em aumento de ácido lactato muscular, diminuindo o pH do músculo e cessando a reserva de ATP, instala-se então o processo de rigor mortis, ou seja, há o encurtamento definitivo dos sarcômeros devido a formação do complexo actina-miosina (Warner, 2016). Com a redução da temperatura corporal e queda do pH, há a indução da atividade de um complexo enzimático com as proteases calpaína e seu inibidor calpastatina nos músculos, as quais são dependentes de cálcio como substrato. A calpaína, devido a sua capacidade de modificação da linha Z, degrada as fibras musculares, quebrando as ligações entre actina e miosina provocando a resolução do rigor mortis. Já a calpastatina, inibe a atividade da calpaína, interrompendo a degradação das fibras musculares. Ao final da ação das proteases, o processo de transformação do músculo em carne é concluído (Rocha, 2023). Uma variedade de fatores ambientais pode influenciar a atividade da calpaína, incluindo pH, temperatura e oxidação. A atividade ótima da calpaína é observada em pH 7,0 e reduz à medida que o pH diminui.

Tanto o valor do pH post-mortem, em 24-48h (pHu), quanto a taxa de declínio post-mortem do pH (Δ pH), desempenham um papel importante em termos de capacidade de retenção de água, cor e maciez da carne suína. A carne suína pode ser classificada de acordo com as taxas de declínio do pH, sendo elas: RFN (reddish-pink in color, firm in texture and free of surface wateriness – non exudative) considerada uma carne de cor normal, textura firme, não exsudativa e de alta qualidade, RSE (reddish-pink in color but soft in texture and exudative) considerada uma carne com cor dentro do esperado, porém com baixa retenção de água e textura mole, PFN (pale in color, firm in texture and non exudative) é uma carne pálida, com textura firme e grande capacidade de retenção de água, a PSE (pale in color, soft in texture and exudative) é uma carne com cor pálida, textura mole e baixa retenção de água, indesejável ao consumidor, e a classificação DFD (dark in color, firm in texture and non exudative) que se refere a características como coloração escura, textura firme e grande capacidade de retenção de água (Kauffman et al., 1992; Van Laack; Kauffman, 1999).

Os principais fatores que determinam a taxa de extensão do declínio do pH podem incluir genética, atordoamento, exsanguinação, quantidade de glicogênio muscular armazenado, taxa de resfriamento da carcaça e níveis de estresse pré-abate (Agrocere PIC).

Os processos que ocorrem desde o momento em que os suínos saem da propriedade até o momento do abate, infelizmente, são inerentemente propensos ao estresse. Transportes por longos períodos e período de descanso pré-abate curto podem agravar negativamente a qualidade da carne suína (Hambrecht et al., 2005). De acordo com Machado et al. (2014), suínos abatidos em condições de estresse proporcionam problemas na qualidade da carne, podendo afetar a taxa de declínio do pH. Portanto, um declínio muito rápido do pH irá diminuir a qualidade da carne, além de provocar a desnaturação das proteínas musculares, acarretando a redução da capacidade de retenção de água (Pardi et al., 2001).

Em relação ao período de descanso dos animais no frigorífico, tanto um tempo muito curto, que impede a recuperação dos suínos após uma viagem, quanto um tempo muito longo, que favorece disputas e brigas entre eles, podem contribuir para perdas nesta etapa (Diesel, 2016).

Sendo assim, fatores estressores ante-mortem podem influenciar negativamente a qualidade final da carne suína, visto que estão intimamente ligados

ao processo de transformação do músculo em carne, reforçando a importância de um manejo pré-abate adequado.

2.5. EFEITOS DOS MANEJOS PRÉ-ABATE SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Devido às altas exigências da qualidade da carne suína e para atender o bem-estar animal, as operações pré-abate tem evoluído consideravelmente para atender as demandas e preocupações do mercado consumidor em relação a vida dos animais e a segurança e qualidade dos produtos alimentares de origem animal (Stevenson et al., 2014) sendo cada vez mais evidente a importância de unir todos os elos da cadeia suinícola, da criação ao abate, para atender as necessidades de bem-estar dos animais.

O manejo pré-abate é a etapa final e uma das mais importantes na produção animal, que tem o poder de interferir diretamente no resultado de todo o trabalho realizado nas fases anteriores da criação e resultar em boa ou má qualidade de carne e carcaça (Marcon, 2017). A interação homem-animal durante os processos de preparação para o jejum, embarque, transporte, descarregamento e condução até a insensibilização merecem atenção pois são momentos críticos que interferem na qualidade final do produto.

O manejo pré-abate, que antecede as últimas horas de vida dos suínos, inicia com a preparação dos animais e retirada dos alimentos. O jejum alimentar pré transporte e abate é importante para redução da mortalidade, contaminação da carcaça e melhor qualidade da carne (DIAS et al., 2014), sendo este manejo a melhor intervenção nutricional para melhorar a qualidade da carne, pois ajuda a esgotar alguns dos estoques de glicogênio muscular e aumenta a segurança alimentar, reduzindo o conteúdo intestinal e evitando o vazamento acidental do conteúdo na carcaça durante o processo de evisceração.

Existe uma grande variação quanto às recomendações do período de jejum alimentar ideal, que depende da logística das granjas e frigoríficos. Por exemplo, Murray (2000) recomendou o período de 10 a 24 horas e Dalla Costa et al. (2016) citam um período de 12 horas de jejum antes do embarque dos animais e 6 horas durante período de descanso, a fim de promover o esvaziamento gástrico. Água deve ser fornecida durante todo o período de privação do alimento. O período de 24 horas

foi descrito como o período limite para que não haja interferência no bem-estar dos animais, qualidade da carne e rendimento de carcaças (Faucitano et al., 2010).

Alguns estudos demonstram perdas qualitativas e quantitativas na qualidade da carne em animais submetidos a 24 a 48 horas de jejum, podendo perder até 5% do peso corporal a uma taxa de 0,20% por hora (Beattie et al., 1999; Murray; Jones, 1992).

O jejum pré-abate em si tem pouco efeito sobre a qualidade da carne, mas quando combinado com outros estressores pré-abate, pode ser prejudicial (Faucitano, 2001). Animais submetidos a longos períodos de jejum alimentar podem demonstrar comportamentos agressivos, resultando em hematomas nas carcaças, suínos fadigados (MOTA-ROJAS et al., 2006) e dificuldades no manejo (Acevedo-Giraldo et al., 2020; Dalla Costa et al., 2016).

Além do jejum alimentar, vários fatores influenciam o bem-estar dos suínos durante o manejo pré-abate, alguns deles dependem da interação homem-animal, podendo influenciar sobre o comportamento e lesões corporais nos animais, por exemplo, manuseio durante o embarque e transporte (Soares, 2016) e outros processos internos dos frigoríficos como desembarque, separação do grupo de origem, mistura de animais desconhecidos no período de espera e o abate expõem os animais a condições estressantes as quais podem influenciar negativamente as condições fisiológicas, bem como a qualidade final da carne suína (Faucitano; RAJ, 2022; LUDTKE et al., 2010; Terlouw, 2005).

2.5.1. Embarque e transporte

O embarque dos animais na propriedade cria um dos primeiros grandes estresses que podem afetar a qualidade da carne e é considerado um dos estágios mais críticos do transporte por haver forte interação homem-animal e a mudança de ambiente. A transferência dos animais das baias de terminação para o interior de um caminhão e em seguida para a área de espera no frigorífico juntamente com o esforço físico realizado ao caminhar pelos corredores e rampas, intensificam o estresse sofrido pelos animais, deixando-os agitados e difíceis de manejar (Faucitano, 2000).

Johnson et al. (2013) revisaram a literatura disponível e pontuaram que fatores relacionados ao layout das instalações, anteparos corretos na condução dos animais, temperatura ambiente, genética, grau de musculabilidade, estado de saúde,

tempo de jejum alimentar, distância que o animal desloca dentro da instalação, tamanho do grupo manejado e peso vivo, tem impacto direto ao bem-estar dos animais e refletem diretamente nos batimentos cardíacos e pressão sanguínea, bem como nos indicadores de estresse (lactato e cortisol salivar).

A retirada dos animais das baias na propriedade e a condução para o caminhão deve ser realizada de forma calma e tranquila, utilizando os anteparos corretos. Correa et al. (2010) mostraram que ao conduzir animais com uso de bastão elétrico, aumentaram a incidência de vocalização, escorregões, quedas e amontoamentos, indicando maiores níveis de estresse, comparados aos que foram manejados com ajuda de tábua de manejo, ar comprimido e chocalho. O layout da propriedade também tem influência sobre as perdas no período pré-abate, interferindo principalmente no esforço físico realizado pelos animais durante o processo de embarque (Faucitano, 2000).

Estudos evidenciaram que a frequência cardíaca dos animais aumentara à medida que a inclinação da rampa aumentava, principalmente quando a temperatura ambiente ultrapassava os 24°C, além disso, houve efeito da interação entre todos os fatores testados sobre o tempo total de embarque e desembarque dos animais. Em consequência desses efeitos, as diretrizes recomendam que a rampa de embarque não possua inclinação maior que 20° (Grandin, 2008).

Outro ponto de atenção no processo de embarque dos animais é o tamanho do grupo conduzido. Os suínos devem sempre ser movidos em pequenos grupos minimizando o aumento da frequência cardíaca, reduzindo o número de suínos cansados e mortos durante o manejo e contribuindo para a redução do tempo de embarque (Lewis; McGlone, 2007).

As distrações durante o percurso realizado pelos animais são prejudiciais e devem ser evitadas. Estruturas metálicas que causam reflexos, pisos molhados, contrastes, pessoas ou equipamentos se movendo em frente aos animais, corredores sem saída ou ângulos fechados que não possibilitem a visão adiante, correntes ou outros objetos soltos ou pendurados, pisos irregulares e barulhos excessivos (WOAH, 2024), são prejudiciais e devem ser retirados para evitar que os animais parem, hesitem ou recuem ao se aproximarem.

Temperatura e umidade relativa do ar são muito importantes neste estágio. Comumente, para evitar mortalidade no caminhão por hipertermia, recomenda-se carregar os animais nos primeiros horários do dia no verão (Rosenvold; Andersen,

2003). Além disso, quando a temperatura exceder 10°C e o tempo de embarque for longo, os suínos devem ser molhados antes do embarque ou no caminhão (Perez et al., 2002), preferencialmente antes de deixar a propriedade, não sendo recomendada a parada sob o sol com os animais molhados.

O transporte é outra etapa estressante aos animais que são expostos a ruídos, cheiros desconhecidos, alterações de velocidade brusca do caminhão, diferentes temperaturas ambientes, vibrações, menor espaço social, individual e interação com o homem, levando a repostas comportamentais e fisiológicas que podem contribuir para redução do rendimento de carcaça e qualidade da carne, assim como do bem-estar animal (Soares, 2016). Densidade, tempo e distância são os principais fatores que influenciam o processo de transporte (Ludtke, 2008; Perez et al., 2002).

O tempo gasto no transporte dos animais da propriedade até o frigorífico, assim como as condições da viagem, podem comprometer desde o estado fisiológico do animal (estresse) até a qualidade final da carne (Rosenvold; Andersen, 2003) além de poder resultar no surgimento de carcaças contundidas. A contusão pode ocorrer em qualquer estágio do transporte, e pode ser atribuída também a inadequadas condições de embarque e desembarque dos animais, assim como também a falta de cuidado ao dirigir por parte do motorista do caminhão e condução dos animais nos frigoríficos feita de maneira imprópria (Trecenti; Zappa, 2013). Além disso, no transporte é comum encontrar suínos com síndrome de fadiga, também conhecidos como NANI (non-ambulatory, non-injured) e NAI (non-ambulatory, injured), ou seja, suínos incapacitados de locomoção não machucados e suínos incapacitados de locomoção e machucados, respectivamente (Faucitano; Lambooi, 2019).

A densidade de transporte é um dos fatores que devem ser levados em consideração para um manejo efetivo. Os suínos devem receber espaço suficiente para permitir que descansem. Esse ponto é importante do ponto de vista comportamental além de influenciar diretamente no aumento de cortisol, metabólitos sanguíneos, frequência cardíaca, lesões cutâneas e qualidade de carne (Faucitano; Goumon, 2018).

Faucitano; Lambooi (2019) sugerem que a densidade de 0,42 m²/suíno ou 235Kg/m² deve ser utilizada para garantir o bem-estar animal, qualidade de carne e economia no transporte. Quando a densidade é muito alta, os animais não têm espaço para se deitar e se levantar novamente, prejudicando o descanso durante o trânsito (Nielsen et al., 2022). Em contrapartida, baixas densidades também não são

recomendadas, pelo aumento do custo de transporte e gerar espaço para a movimentação dos animais, podendo levar a brigas ou aparecimento de lesões causadas pelas paredes do veículo transportador ou se chocarem com outros animais (Israel et al., 2010).

A duração do transporte tem efeito variável sobre a qualidade da carne suína. Viagens curtas (<1 hora) podem ser mais prejudiciais que viagens mais longas porque os animais devem ter tempo para se recuperar do estresse do embarque (Bradshaw et al., 1996) e para habituá-los ao estresse do transporte (Stephens; Perry, 1990).

Observou-se que suínos transportados por distâncias curtas de até 30 minutos resistiam mais aos manejos no frigorífico do que animais transportados por longas distâncias (Grandin, 1994). De acordo com Gispert et al. (2000) viagens com menos de 2 horas aumentaram em 2,3% a incidência de carne PSE severa na Espanha. Em contrapartida, suínos transportados por distâncias maiores (>2 horas) têm maior probabilidade de desenvolver carne DFD devido ao efeito do estresse a longo prazo sobre as reservas musculares de glicogênio, aumento da glicose, lactato, e hematócrito decorrente da desidratação (Faucitano; Lambooj, 2019).

2.5.2. Desembarque, período de descanso e condução dos animais no frigorífico

Os suínos devem ser desembarcados do caminhão o mais rápido possível assim que chegarem ao frigorífico, caso contrário o caminhão deverá possuir ventilação adequada aos animais (Dalla Costa et al., 2006). Esse processo precisa compreender o período entre 30 e 60 minutos, visto que após 60 minutos a temperatura do caminhão pode aumentar 1°C por minuto (Rocha, 2023) e o aumento do tempo de espera para desembarcar os animais do caminhão pode afetar negativamente a qualidade da carne suína, aumentando a incidência de carne PSE e a mortalidade dos animais (Faucitano; Pedernera, 2016).

No desembarque há forte interação homem-animal e, para auxiliar o processo, a rampa móvel pela qual todos os suínos passarão deve atingir no máximo 20° de inclinação e a área de desembarque deve ser coberta, protegendo-os do frio e vento, fatores que podem levar à recusa ao caminhar dos animais (Dalla Costa et al., 2006).

O manejo do desembarque pode tornar-se difícil quando os suínos são manejados com o uso do bastão elétrico, anteparos incorretos e gritos. Os animais precisam ser conduzidos à área de descanso de forma calma e tranquila, com auxílio

dos anteparos corretos como a tábua de manejo (Ritter et al., 2008). São os equipamentos e/ou atitudes do manejador que auxiliam na condução dos animais. Chocalhos, remos, voz, palmas e ar comprimido, quando utilizados de forma intermitente, trarão respostas significativas na condução dos suínos, quando comparada a utilização contínua.

Após o desembarque, os animais são conduzidos às baias de descanso, onde permanecerão por um período até o abate. As baias de descanso devem possibilitar a recuperação do desgaste físico e do estresse ocorrido no transporte, bem como auxiliar na manutenção da velocidade constante da linha de abate (Dalla Costa et al., 2006). De acordo com Araujo (2009) o tempo de descanso dos animais nos frigoríficos pode variar de acordo com a capacidade de abate, número de animais, tempo de transporte, condições ambientais e logística.

Warriss (1998) reportou que suínos que descansaram por período mais longo de tempo apresentaram menor peso de carcaça quente comparado a suínos que descansaram durante um período mais curto (≤ 1 e 3 horas). Em contrapartida, Dalla Costa et al. (2006) relatou que ao comparar carcaças de animais que descansaram por 3 e 9 horas, a perda de peso corporal, bem como o peso do estômago cheio e vazio, o peso do conteúdo estomacal e o escore de lesão na mucosa esofágica gástrica não foram afetados.

Durante o período de descanso e no manejo prévio ao abate, a prática de mistura de animais nas baias, densidade inadequada, ambiente inadequado (excesso de ruídos, amônia, umidade e temperatura) e períodos longos de descanso, podem afetar o nível de estresse dos suínos (Dokmanović et al., 2014). A elevação de parâmetros fisiológicos, como a concentração de marcadores sanguíneos de estresse e a frequência cardíaca podem evidenciar tais condições (Hartung et al., 2009).

De acordo com Faucitano et al., (2010), um período ideal de descanso considerado suficiente varia de duas a três horas, baseado em indicadores de estresse, como o cortisol, que atinge seu nível basal em no máximo 3 horas, demonstrando recuperação dos animais. Além disso, animais submetidos a ausência do período de descanso ou tempo muito curto (< 1 h) tendem a maiores níveis de lactato muscular e aumento da temperatura muscular, sendo estes parâmetros responsáveis pelo desenvolvimento da carne PSE (Fraqueza et al., 1998; Shen et al., 2006). Se realizado períodos muito longos, provavelmente pela ocorrência de jejum alimentar prolongado, pode ocorrer o desenvolvimento de carne DFD, além do

aumento da incidência de brigas, lesões na carcaça e carne de qualidade inferior (Faucitano et al. 2010 e Warriss (1998).

Além do tempo de descanso, as instalações também podem influenciar o nível de estresse dos animais. Weeks (2008) sugeriu densidades para tempos de descanso curtos e mais longos no frigorífico, as quais precisam ser ajustadas em situações específicas, aumentando a disponibilidade de espaço nos períodos quentes. Para um período de descanso inferior a 3h, a autora sugere a densidade de $0,42\text{m}^2/100\text{kg}$, enquanto para o período de descanso superior a 3h, a densidade de $0,66\text{ m}^2/100\text{kg}$ pode ser considerada ideal. No Brasil, preconiza-se a densidade mínima de $0,60\text{m}^2/\text{suíno}$ (100 Kg) (Ludtke et al., 2010).

Durante o período de descanso, água limpa, potável e em quantidade suficiente deve estar disponível o tempo todo, já que os suínos não tiveram acesso à água desde o início do processo de embarque. De acordo com a legislação brasileira Portaria 711, de 1º de novembro 1995, os bebedouros devem permitir que, pelo menos, 15% dos animais consigam beber água de forma simultânea, sendo recomendado que os funcionários do frigorífico estejam atentos aos comportamentos dos animais, garantindo o correto posicionamento dos bebedouros bem como o acesso a quantidade adequada de água, evitando a possível desidratação (Ludtke et al., 2010).

2.5.3. Insensibilização e abate

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a insensibilização é uma prática obrigatória na legislação brasileira, considerada como requisito mínimo na proteção dos animais durante o abate, contido dentro de um programa definido como abate humanitário. Os métodos de insensibilização são regulamentados conforme o anexo da Instrução Normativa (IN) n° 3, de 17 de janeiro de 2000, sendo as técnicas aprovadas para este fim as seguintes: mecânicos (percussivo penetrativo e não penetrativo), elétrico (eletronarcole e eletrocussão) e exposição à atmosfera controlada (dióxido de carbono) (Marcon, 2017), sendo as mais comumente utilizadas nos frigoríficos de suínos a elétrica e com exposição à atmosfera controlada.

Para a insensibilização elétrica, aplica-se uma corrente elétrica de no mínimo 1,3 ampère somente na cabeça (eletronarcole) ou com aplicação de corrente elétrica

de mesma intensidade na cabeça seguido do coração (eletrocussão) (MAPA, 2021). A eletronarcore, realizada com corrente elétrica de alta frequência (acima de 100 Hz) e com utilização restrita do eletrodo na cabeça, não causa a morte do animal, por não causar fibrilação cardíaca, podendo o suíno retornar à consciência. Para assegurar a sensibilidade, a sangria deve ser realizada rapidamente (Ludtke et al., 2010), preferencialmente antes de 10 segundos. No caso da eletrocussão, onde a insensibilização é realizada com baixa frequência (50 ou 60 Hz) de ondas senoides e corrente alternada no eletrodo cardíaco, há fibrilação cardíaca e morte do suíno (Marcon, 2017).

No caso da insensibilização gasosa, os animais são submetidos a uma câmara com alta concentração de CO₂, durante um tempo entre 45 segundos a 1 minuto (VANACLOCHA; VAZQUEZ, 2004). O gradiente de concentração de dióxido de carbono vai aumentando à medida que a gaiola onde os animais encontram-se desce para o fundo do compartimento/ poço, até que atinja entre 80 e 95% de CO₂ mesclado com ar atmosférico (Dias et al., 2014; Rodríguez et al., 2008). Nesse tipo de insensibilização os efeitos são semelhantes aos demais gases anestésicos e se desenvolve em três fases: analgesia, excitação e anestesia (Dias et al., 2014).

Independentemente do tipo de insensibilização realizado, há vantagens e desvantagens importantes e que precisam ser conhecidas. No caso da insensibilização elétrica, por ser um método rápido e instantâneo, pois leva o animal a inconsciência rapidamente, é vantajoso em relação ao método utilizando gás dióxido de carbono, porém os suínos são manejados e contidos de forma individual, causando desconforto por impedir a relação gregária (Rocha, 2023) além disso, a insensibilização elétrica pode ser responsável pelo aparecimento de equimoses nas carcaças (Gregory et al., 1987).

A insensibilização a gás, por possuir um sistema de manejo em grupo e condução automática, é considerada vantajosa pois evita o estresse e minimiza o contato homem-animal, bem como mantêm o comportamento gregário natural dos suínos (Rocha, 2023), porém pode causar irritação nas mucosas nasais hiperventilação e falta de ar, além de não ser um método instantâneo, levando algum tempo até a perda da consciência (Gregory et al., 1987; Velarde et al., 2007). Durante um estudo realizado por Verhoeven et al. (2016), observou-se que os animais, quando expostos às câmaras de CO₂, indicavam aversão tentando recuar, realizavam

movimentos laterais com a cabeça, saltavam e ficavam ofegantes antes de perderem a consciência.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência do tamanho do grupo de condução sobre fatores de qualidade e aceitabilidade da carne suína refrigerada.

3.1.1. Objetivos específicos

- Avaliar a influência do tamanho do grupo de animais na movimentação da área de descanso até o processo de insensibilização, sobre a curva de declínio do pH durante a transformação do músculo em carne.
- Investigar os efeitos do tamanho do grupo sobre os parâmetros tecnológicos de qualidade da carne suína: pH, cor, textura, oxidação lipídica, perdas por gotejamento e perdas por cocção, ao longo da vida útil da carne suína refrigerada.
- Analisar a preferência visual e a intenção de compra da carne suína resfriada pelos consumidores.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ANIMAIS, TEMPO DE CONDUÇÃO E ABATE

O experimento foi conduzido no município de Itaipulândia, no estado do Paraná, nas instalações do frigorífico Frivatti, durante o segundo semestre de 2024. Foram utilizados 256 suínos machos imunocastrados (VIVAX®, Zoetis, São Paulo/SP), selecionados visualmente para terem peso e tamanho uniformes, provenientes de uma granja de terminação e de linhagem comercial híbrida (Agroceres PIC, Rio Claro/SP). Os animais foram transportados por 60 minutos, respeitando a densidade de transporte de 235 kg/m², durante o período primavera/verão.

Os suínos passaram por jejum alimentar de 14 horas antes do embarque, 1 hora de jejum durante o transporte e mais 3 horas de jejum durante o período de descanso, contabilizando um total de 18 horas de jejum alimentar até o abate. Na granja de origem, os animais foram embarcados em grupos de cinco a seis indivíduos por uma equipe especializada, utilizando os anteparos pré-determinados. No momento do descarregamento no frigorífico, os suínos foram distribuídos aleatoriamente nas baias de espera, onde permaneceram com acesso à água durante o período de descanso.

Para avaliar a influência do tamanho do grupo de animais na movimentação da área de descanso até o processo de insensibilização, os animais foram distribuídos aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado em três grupos experimentais. O Grupo 7 foi composto por entradas de 7 animais, o Grupo 10 por entradas de 10 animais, e o Grupo 15 por entradas de 15 animais. Cada grupo foi conduzido de forma contínua, revezando os tamanhos dos grupos em cada retirada dos animais das baias. O tempo de condução foi registrado com um cronômetro para cada entrada de cada grupo. Foram realizadas 8 retiradas por grupo.

Os animais foram abatidos de acordo o Regulamento Técnico de Manejo Pré-abate e Abate Humanitário (BRASIL, 2021) e a Portaria MAPA - no1.304 (BRASIL, 2018). Após abate, as carcaças foram pesadas, divididas medialmente, passando pelo esterno e coluna vertebral e identificadas. A temperatura foi medida no músculo longissimus thoracis (LT) da meia carcaça esquerda, na altura da 10° costela. Posteriormente as carcaças foram conduzidas para a câmara de maturação e mantidas resfriadas a uma temperatura inferior a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ por 12 h.

4.2. TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE

4.2.1. Curva de declínio de pH e Temperatura de resfriamento

A curva de declínio do pH durante a transformação do músculo em carne foi monitorada no LT da meia carcaça esquerda, na altura da 10° costela. As medições de pH foram realizadas a cada hora, até completar 3 horas pós-abate e, posteriormente às 6, 8 e 12h pós-abate, utilizando pHmetro portátil (Hanna - HI99163, Romênia - Europa) com eletrodo para inserção no músculo. O equipamento foi calibrado a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ usando tampões padrão de pH 4,0 e 7,0. Além das medições

realizadas ainda no frigorífico, o pH também foi mensurado nos lombos selecionados e enviados ao Laboratório de Experimentação Avícola da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

Durante a avaliação do pH a primeira hora no frigorífico, as medições foram realizadas na linha de abate, antes ao chuveiro de lavagem das carcaças. As coletas subsequentes foram realizadas dentro da câmara de maturação.

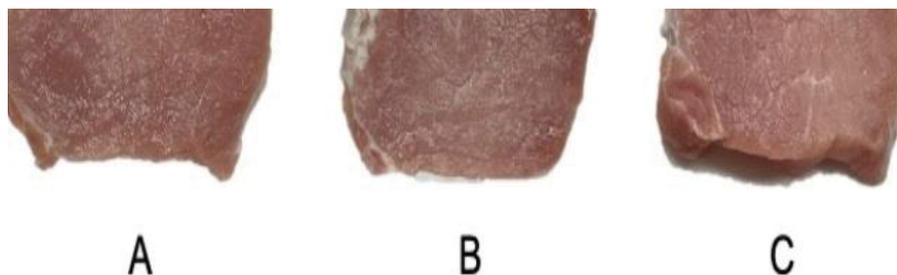
A temperatura da câmara de resfriamento e o declínio da temperatura do músculo LT na altura da 10° costela foram registradas para controle do processo de transformação do músculo em carne, a fim de garantir que o processo não interferisse na qualidade final da carne. Para o registro utilizou-se um datalogger (modelo HOBO 4 – channel analog).

4.3. QUALIDADE DA CARNE

O músculo LT foi coletado de forma aleatória de 30 carcaças resfriadas por 12 horas a 4 ± 1 °C, com 10 amostras por tratamento. As amostras foram embaladas em sacos plásticos de polietileno, identificadas e armazenadas em caixas térmicas com gelo para transporte até o Laboratório de Experimentação Avícola da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, onde foram processadas.

Cada segmento de LT foi fatiado em bifes de 2,5 cm de espessura, pesado, e embalado individualmente em bandejas de poliestireno, envoltas com filme retrátil permeável ao oxigênio (Goodyear®, Americana, São Paulo, Brasil) FIGURA 2 e acondicionados de acordo com o mercado brasileiro.

FIGURA 2 - FOTOS DOS GRUPOS AVALIADOS



FONTE: Autora (2024).

A- Grupo 7: entradas de 7 animais, B- Grupo 10: entradas de 10 animais, C- Grupo 15: entradas de 15 animais.

Os bifes foram então armazenados em display refrigerado com iluminação (4 °C ± 1, com lâmpada fluorescente, 1200 lux, 12 h/dia) para simular as condições típicas do mercado brasileiro por 7 dias. As amostras de cada grupo (três repetições do experimento com três amostras por dia de análise) foram retiradas aleatoriamente aos 1, 5 e 7 dias de armazenamento para as análises.

4.3.1. Oxidação lipídica

A amostra de carne (5 g) foi misturada com solução de TCA (7,5% TCA, 0,1% EDTA e 0,1% ácido gálico) (10 mL), homogeneizada em ultra turrax (Tecnal Turratec TE-102, Piracicaba, SP, Brazil) (7000 rpm, 1 min) e centrifugada (4000 rpm, 4 ° C, 15 min). O sobrenadante foi filtrado e misturado (1: 1 V / V) com o reagente TBARS (1% TBA, 562,5 mM HCl, 15% TCA). A mistura foi fervida (100 ° C, 15 min), resfriada, e então a absorbância foi medida (532 nm) (Vital et al., 2016). As concentrações foram determinadas adotando-se uma curva padrão de malodialdeído (MDA) (utilizando 1,3,3-tetrametoxipropano), variando de 0 a 60 mM. Os resultados foram expressos em mg MDA kg⁻¹ de carne (Oliveira et al., 2021).

4.3.2. Textura

Os bifes foram previamente cozidos e a textura foi analisada usando um Stable Micro Systems TA.HD*plus* (Texture Technologies Corp., Godalming, Surrey, Reino Unido) analisador de textura com uma lâmina Warner-Bratzler, de acordo com Honikel (1998). As medidas foram realizadas com frações de carne cortada perpendicularmente à direção das fibras do músculo em pedaços retangulares de 1 cm² de seção transversal.

4.3.3. pH

As medições de pH foram realizadas utilizando um pHmetro digital (Hanna - HI99163, Romênia - Europa) com eletrodo de penetração após a retirada das

amostras do resfriamento e exposição por 30 min. O equipamento foi calibrado a 25 °C usando tampões padrão de pH 4,0 e 7,0.

4.3.4. Cor instrumental

A avaliação da cor instrumental foi realizada após a retirada das amostras do resfriamento e exposição ao oxigênio por 30 min à temperatura ambiente. Os parâmetros de cor do CIELab foram registrados usando um colorímetro Minolta CR-400 (Japão) sob iluminação D65, abertura de 8 mm e cone fechado, ajustado no sistema L* a* b*, com ângulo de visão de 10°. Os pontos foram selecionados registrados aleatoriamente por amostra, obtendo luminosidade (L*), vermelhidão (a*) e amarelecimento (b*) (Minolta, 1998).

4.3.5. Perdas por cocção e exsudação

As perdas por cocção (PPC) foram determinadas seguindo a metodologia proposta por Monteschio et al. (2019). Os bifes foram pesados e embalados em folha de alumínio. Cada amostra foi cozida em uma grelha pré-aquecida (Grill press inox red, Philco SA, Brasil) monitorada por um termopar interno (Incoterm, 145 mm, Incoterm LTDA, Brasil) a 200°C até a temperatura interna de 72°C ser atingida, então, a amostra foi removida do calor e deixada em temperatura ambiente. Após atingir 25°C, cada bife foi pesado e as perdas por cozimento calculadas como descrito na equação abaixo.

$$\%PPC = ((\text{Peso antes cocção} - \text{Peso após cocção}) / (\text{Peso antes cocção})) * 10$$

As perdas por exsudação (PPE) foram medidas usando o método descrito por Honikel (1998). Um bife de 2,5 cm foi pesado e suspenso em um anzol, envolto por um saco de poliamida / polietileno e refrigerados 4°C ± 1°C. A cada período, os bifes foram retirados da refrigeração e pesados. Após 24 h, 48 h e 96 h, a amostra foi removida do saco, seca em papel absorvente e pesada novamente. Quantidade de perda de exsudato foi expressa como porcentagem de água perdida do peso inicial como descrito pela equação abaixo.

$$\%PPE = ((\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / (\text{Peso inicial})) * 100$$

4.3.6. Aceitação visual e intenção de compra

Para a avaliação visual da carne suína, os bifes foram fotografados em condições padronizadas, conforme descrito por Passeti et al. (2016), com algumas modificações. Os bifes foram desembalados e fotografados no primeiro dia após exposição, utilizando uma câmera digital Nikon Coolpix B500 (velocidade do obturador no modo manual 1/20; tamanho da abertura F5.3, ISO 1600; distância focal 40 mm) montada em um suporte fotográfico fixado perpendicularmente a 45 cm da amostra. A iluminação foi garantida por duas lâmpadas fluorescentes D65, utilizadas como iluminante padrão para distribuir a luz uniformemente e evitar a interferência da luz externa.

Um mini Color-Checker GretagMacbeth (Colour-Confidence, Birmingham, Reino Unido), com 24 colored patches coloridos, foi fotografado com cada bife para verificar a capacidade de reprodução de cores. As avaliações foram realizadas em um único computador (MacBook, Chip Apple M1, Memória 8GB, macOS Sonoma 14.2.1, 256 SSD). As fotografias, um total de 30 (3 Grupos de 10 repetições) foram organizadas de forma aleatória, utilizando um delineamento casualizado evitando efeitos de ordem.

Antes do início da análise visual, os consumidores (n=110) receberam treinamento, sendo instruídos em como avaliar cada fotografia, sendo 5 seg para avaliar cada fotografia com intervalo de 5 seg, a fim de prevenir a fadiga. Os consumidores foram orientados a avaliar a aceitabilidade da cor da carne, em uma escala hedônica de 1 a 9, sem ponto central (

FIGURA 3), desconsiderando outros aspectos, como tamanho e gordura. Além disso, foi avaliada a intenção de compra, ou seja, se estariam dispostos a adquirir o produto, bem como o perfil socioeconômico e hábitos de consumo dos consumidores participantes.

FIGURA 3 - ESCALA HEDÔNICA SEM PONTO CENTRAL

1. Desgostei muitíssimo
2. Desgostei muito
3. Desgostei moderadamente
4. Desgostei ligeiramente
- ~~5. Indiferente~~
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei moderadamente
8. Gostei muito
9. Gostei muitíssimo

FONTE: Autora (2024).

4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS (SAS Institute, 2009). O grupo e o tempo de armazenamento foram considerados como fatores fixos em um planejamento fatorial. Quando as diferenças entre os tratamentos foram significativas, foi aplicado o teste de Tukey (com nível de significância de 5%). Os dados relacionados ao decréscimo do pH foram submetidos à análise de regressão até segunda ordem (quadrática).

Nas análises de aceitação visual e preferência dos consumidores, o grupo foi o único fator fixo avaliado. Diferenças foram consideradas significativas para $P < 0,05$ e, quando apropriado, o teste de Tukey (com nível de significância de 5%) foi utilizado. As respostas relacionadas a hábitos e preferências de consumo foram analisadas por meio da frequência de resposta.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE

A TABELA 1 apresenta os resultados obtidos para peso das carcaças, temperatura inicial do músculo e os tempos de condução dos animais.

TABELA 1 -PESO DE CARÇAÇA, TEMPERATURA E TEMPO DE CONDUÇÃO DOS ANIMAIS.¹

	Peso	Temperatura	Tempo de condução
Grupo	(Kg)	(° C)	(seg)
7 ²	97,1	41,2 ^{ab}	38 ^a
10 ³	98,9	41,1 ^b	49 ^b
15 ⁴	99,3	41,3 ^a	59 ^c
P- valor	0,2595	0,0231	<0,001
EPM	0,5519	0,0305	2,192

¹ NOTA: Os resultados são expressos como média. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes (P < 0,05). 2Grupo 7: entradas de 7 animais, 3Grupo 10: entradas de 10 animais, 4Grupo 15: entradas de 15 animais.

FONTE: A autora (2024).

Os resultados apresentados indicam que não houve diferença significativa (P > 0,05) para o peso. No entanto, os dados evidenciaram a influência do manejo pré-abate durante a condução dos suínos (P<0,05) na temperatura inicial do músculo e no tempo de condução. Grupos com 15 animais tiveram temperatura inicial do músculo significativamente maiores (41,34 °C) em comparação ao grupo de 10 (41,16 °C). O tempo de condução foi maior no grupo de 15 animais (59 seg), com diferenças significativas em relação aos grupos de 7 (38 seg) e 10 animais (49 seg).

Este aumento pode ser atribuído ao estresse térmico provocado pela maior densidade de animais durante a condução, conforme relatado por *Dalla Costa et al.* (2019). O estresse pré-abate, intensificado por fatores como aglomeração e maior interação social em grupos maiores, pode reduzir as reservas de glicogênio muscular, comprometendo a glicólise e acelerando o declínio do pH muscular (*Ferguson et al.*, 2001).

De acordo com *Acevedo-Giraldo et al.* (2020), níveis elevados de estresse aumentam a produção de catecolaminas e cortisol, comprometendo o metabolismo energético e influenciando negativamente as características sensoriais e tecnológicas da carne. A elevação da temperatura muscular está associada ao aumento da atividade metabólica devido ao esforço físico e ao estresse, predispondo a carne a defeitos como PSE (pálida, mole e exsudativa), que afetam negativamente a qualidade final do produto (*Costa et al.*, 2019). No presente estudo, o grupo 15 apresentou temperatura inicial mais elevada (41,34 °C), reforçando a hipótese de maior esforço metabólico devido ao estresse durante o manejo.

Segundo *Geverink et al.* (2021), lotes maiores requerem mais tempo para movimentação e condução eficiente, o que pode exacerbar o estresse nos animais. O

aumento do tempo de condução está diretamente relacionado a maiores níveis de cortisol e lactato, indicadores clássicos de estresse em suínos, com implicações para o bem-estar animal e a qualidade da carne.

A TABELA 2 apresenta o decréscimo de pH durante a transformação do músculo em carne.

O pH inicial (1 hora pós-abate) apresentou diferenças significativas entre os grupos ($P < 0,05$), sendo maior no Grupo 7 (6,59) e menor no Grupo 15 (6,48). Embora os valores finais de pH não tenham apresentado diferenças significativas entre os grupos, o pH inicial mais elevado observado no Grupo 7 sugere menor impacto de estresse pré-abate nesse grupo, provavelmente devido ao menor número de animais conduzidos simultaneamente. Estudos mostram que o manejo pré-abate, incluindo densidade e tempo de condução, influencia diretamente os níveis de estresse, que, por sua vez, afetam o metabolismo muscular e os níveis de glicogênio residual no momento do abate (DE SOUZA et al., 2020; GOMES et al., 2021).

O decréscimo gradual do pH ao longo do tempo reflete o processo natural de transformação do músculo em carne, no qual o glicogênio muscular é convertido em ácido láctico, resultando na queda do pH pós-morte. Estudos indicam que essa redução é essencial para a maturação adequada da carne e para a obtenção de características sensoriais desejáveis (KIM et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2022)

Embora os grupos tenham apresentado diferenças no pH inicial, os valores finais, após 12 horas, variaram entre 5,68 e 5,72, sendo semelhantes entre os grupos.

A análise do efeito quadrático (Q) também destaca a importância da avaliação da velocidade de declínio do pH, uma vez que descidas rápidas associadas a temperaturas elevadas do músculo podem levar ao desenvolvimento de carne PSE (Maribo et al., 1998). O Grupo 7, com pH inicial mais elevado, apresentou maior estabilidade na queda, indicando menor impacto do estresse pré-abate.

TABELA 2 - DECRÉSCIMO DE PH NA TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE¹

Grupo	pH (horas)						Anova	Q ²	EPM
	1	2	3	6	8	12			
7 ³	6,59 ^{abA}	6,31 ^B	6,12 ^C	5,90 ^D	5,84 ^D	5,72 ^E	<0,001	<0,001	0,0185
10 ⁴	6,53 ^{abA}	6,33 ^B	6,14 ^C	5,93 ^D	5,84 ^D	5,70 ^E	<0,001	<0,001	0,0159
15 ⁵	6,48 ^{ba}	6,25 ^B	6,08 ^C	5,87 ^D	5,79 ^D	5,68 ^E	<0,001	<0,001	0,0136
P-valor	0,0017	0,0599	0,2315	0,1763	0,142	0,1529			
EPM	0,0125	0,0153	0,0165	0,0146	0,0130	0,0081			

¹NOTA: Os resultados são expressos como média. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes (P < 0,05). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha são significativamente diferentes (P < 0,05). ²Q: Efeito quadrático; (Y: b₀+b₁x+b₂x²); ³Grupo 7: entradas de 7 animais; ⁴Grupo 10: entradas de 10 animais; ⁵Grupo 15: entradas de 15 animais.

FONTE: A autora (2024).

Esses valores estão dentro da faixa considerada ideal para carne de suínos de qualidade, reduzindo o risco de ocorrência de defeitos como carne PSE (pálida, mole e exsudativa) ou DFD (escura, firme e seca). Segundo Kim et al. (2019), valores de pH finais abaixo de 5,8 são associados a carnes mais propensas ao fenômeno PSE enquanto valores acima de 6,2 podem indicar carne DFD, ambas prejudiciais à qualidade tecnológica e sensorial do produto.

A relação entre temperatura elevada do músculo e a queda rápida do pH é apontada como fator de risco para a formação de carne PSE, caracterizada por cor pálida, textura macia e elevada exsudação (MARIBO et al., 1998). No entanto, os valores finais semelhantes entre os grupos indicam que, embora as condições de manejo pré-abate tenham influenciado os valores iniciais, não foram severas o suficiente para comprometer drasticamente a qualidade final da carne.

Práticas de manejo que priorizam a condução de animais em grupos menores são destacadas como estratégias eficazes para reduzir o estresse e preservar a qualidade da carne. Essas práticas resultam em melhores características tecnológicas e sensoriais, como maior capacidade de retenção de água e textura desejável (URREA et al., 2021).

5.2. QUALIDADE DE CARNE

A TABELA 3 apresenta os resultados do efeito do tamanho do grupo de condução para o abate (7, 10 e 15 animais) e da exposição refrigerada nos parâmetros tecnológicos de qualidade da carne suína. Observou-se que o tamanho dos grupos de condução não influenciou significativamente nenhum dos parâmetros avaliados ($P > 0,05$). No entanto, o período de exposição refrigerada mostrou impacto significativo ($P < 0,05$) em todos os parâmetros analisados.

5.2.1. Oxidação lipídica

A oxidação lipídica não foi afetada significativamente pelo tamanho dos grupos de condução ($P > 0,05$). Entretanto, a exposição prolongada (7 dias) apresentou aumento significativo na oxidação ($P < 0,05$), com valores mais altos de TBARS ao final do período. Isso ocorre devido à degradação oxidativa dos lipídeos durante o armazenamento prolongado, como evidenciado por Liu et al. (2022), que destacam

que a formação de produtos secundários de oxidação pode comprometer a qualidade sensorial e nutricional da carne. Não houve interação significativa entre os fatores (grupo x exposição).

5.2.2. Perda por Cocção (PPC) e Textura

Ao avaliar o efeito do grupo, não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) nas perdas por cocção e na textura. Contudo, a exposição refrigerada influenciou ambos os parâmetros ($P<0,05$), com aumento na PPC e na força de cisalhamento ao longo do armazenamento. Essas alterações podem estar relacionadas à desnaturação proteica e à redução da capacidade de retenção de água, como descrito por Kristensen; Purslow (2020), que associam essas modificações à degradação de proteínas miofibrilares. Quando ambos os fatores (grupo x exposição) foram avaliados, não houve interação.

5.2.3. Parâmetros de cor

Os parâmetros de cor não variaram significativamente entre os grupos de condução ($P>0,05$), mas a exposição refrigerada teve impacto significativo ($P<0,05$). A luminosidade (L^*) foi maior no quinto dia de exposição, enquanto os valores de b^* (intensidade do amarelo) foram mais altos nos dias cinco e sete. O parâmetro a^* (indicador de vermelho) reduziu no sétimo dia, o que reflete maior oxidação dos pigmentos e formação de metamioglobina, como relatado por Souza Ribeiro et al. (2022). Essas alterações na cor podem ser atribuídas à degradação oxidativa dos pigmentos durante o armazenamento prolongado. Não foi observada interação significativa entre os fatores avaliados.

5.2.4. pH

Quanto ao pH, observou-se uma diminuição no quinto dia de exposição, seguida de um aumento ao final do sétimo dia. O pH inicial (avaliado após o abate) não apresentou diferenças significativas entre os grupos de condução ($P>0,05$). Os valores médios de pH para os grupos foram consistentes (entre 5,16 e 5,17). Essa estabilidade indica que o estresse pré-abate causado pelo tamanho do grupo não foi

suficiente para influenciar significativamente o metabolismo muscular e as reservas de glicogênio (Mariboo et al., 2018). Durante a exposição refrigerada, o pH diminuiu até o quinto dia, seguido de aumento no sétimo dia ($P < 0,05$). Isso pode estar associado à atividade enzimática e à liberação de compostos nitrogenados, como relatado por Shen et al. (2006) e corroborado por Zhang et al. (2021). Não foi observada interação significativa entre os fatores avaliados.

5.2.5. Perda por Exsudação

A PPE não variou significativamente entre os grupos de condução ($P > 0,05$), mas apresentou alterações ao longo do período de armazenamento ($P < 0,05$), com valores mais altos às 24 horas e redução após 48 horas. Segundo Kim et al. (2018), o aumento inicial da exsudação pode ser devido à ruptura celular, enquanto a redução posterior está relacionada à reorganização das proteínas miofibrilares. Quando ambos os fatores (grupo x exposição) foram avaliados, não houve interação.

TABELA 3 -EFEITO DO TAMANHO DO GRUPO DE CONDUÇÃO NOS PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA REFRIGERADA¹

	Grupo ²			Exposição (dias)			P-valor				
	7	10	15	1	5	7	P _{grupo3}	P _{exposição4}	P _{gxe⁵}	EPM ⁶	
Oxidação lipídica⁷	0,380	0,374	0,404	0,327 ^b	0,347 ^b	0,484 ^a	0,1349	<,0001	0,4633	0,04	
Textura⁸	6,86	6,74	7,24	6,25 ^b	6,26 ^b	8,33 ^a	0,6079	<0,001	0,2949	0,04	
pH	5,17	5,17	5,16	5,25 ^a	5,09 ^c	5,16 ^b	0,9365	<,0001	0,7565	0,12	
PPC⁹	31,69	30,46	29,84	27,89 ^b	32,25 ^a	31,85 ^a	0,4573	0,0077	0,6138	3,81	
L^{*10}	48,23	47,52	48,65	45,88 ^c	50,18 ^a	48,34 ^b	0,2110	<,0001	0,7613	2,94	
a^{*11}	-2,79	-2,81	-2,71	-3,51 ^c	-2,57 ^b	-2,23 ^a	0,6534	<,0001	0,4744	0,70	
b^{*12}	4,12	3,86	4,14	3,64 ^b	4,39 ^a	4,09 ^{ab}	0,4433	0,0101	0,9901	0,93	
	Exposição (Horas)										
				24	48	96					
PPE¹¹	3,36	3,31	3,53	3,87 ^a	2,98 ^b	3,34 ^{ab}	0,7775	0,0226	0,9699	1,20	

¹NOTA: Os resultados são expressos em média. Médias dos grupos com letras minúsculas diferentes na mesma linha são significativamente diferentes (p <0,05). Médias de exposição com diferentes letras maiúsculas na mesma linha são significativamente diferentes (P <0,05).² Grupo 7: entradas de 7 animais, B- Grupo 10: entradas de 10 animais, C- Grupo 15: entradas de 15 animais. ³P_{grupo} – efeito do grupo; ⁴P_{exposição} – efeito dos dias de exposição refrigerada; ⁵P_{gxe} – interação entre grupo e dias de exposição refrigerada; ⁶EPM – Erro padrão das Médias; ⁷Oxidação lipídica – Expressa em substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (mg de MDA/Kg de carne); ⁸Textura -Kgf; ⁹PPC - % perdas por cocção; ¹⁰L* - medida da escuridão à claridade (um valor maior indica uma cor mais clara); ¹¹a* - medida de vermelhidão (maior valor indica uma cor mais vermelha); ¹²b* - medida do amarelo (maior valor indica uma cor mais amarela); ¹²PPE - % perdas por exsudação.

FONTE: A autora (2024).

5.3. ACEITAÇÃO VISUAL, INTENÇÃO DE COMPRA E PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS PARTICIPANTES

O questionário complementar distribuído aos consumidores forneceu informações sobre hábitos e preferências de consumo apresentados nas TABELA 4 e TABELA 5. Em relação ao grupo de consumidores 56,48% eram do gênero masculino e 43,52% do gênero feminino, distribuídos em grupos de 18 a 24 anos (35,19%), 25 a 39 anos (41,67%), 40 a 54 anos (12,05%), mais de 55 anos (12%). No grupo de 18 a 24 anos, 48% eram mulheres e 19% homens, no de 25 a 39 anos, 64% eram compostos pelo gênero masculino e 25% pelo gênero feminino, no grupo de 40 a 54 anos, 15% dos consumidores eram do gênero masculino e 9% do gênero feminino e o último grupo (mais de 55) 13% eram do gênero feminino e 9% do gênero masculino. O consumo mais frequente de carne suína foi de uma vez na semana (31,2%), seguido de mais de uma vez ao mês (25,6 %). A maioria dos consumidores prefere comprar a carne de suína no supermercado (65,4%), seguido do açougue (29,1%). Os consumidores preferiram a carne embalada fresca (51,8%) e carne resfriada (35,5%) à carne congelada (12,7%). Os consumidores consideram a cor (98,2%) um fator importante no momento da compra de carne. Um dos atributos mais importantes que influenciam sua decisão de compra foi a cor (47,3%). Por outro lado, a menor proporção dos participantes (11,9%) considerou a marca do produto o atributo mais importante que influenciou suas decisões de compra. Compreender as escolhas dos consumidores no momento da compra é fundamental para entender o perfil dos consumidores de carne de suína.

TABELA 4 - PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS PARTICIPANTES (IDADE, GÊNERO, RENDA E ESCOLARIDADE) (n=110 CONSUMIDORES)¹

Idade (anos)	Gênero		População Total (%)
	Feminino (%)	Masculino (%)	
18 - 24	48	19	35,19
25 - 39	25	64	41,67
40 - 54	15	9	12,04
Mais de 55	13	9	11,11
Total	56,48	43,52	100
Renda*			
Até 1 salário	34	9	4,17
De 1 a 2 salários	16	15	4,17
De 3 a 5 salários	33	45	41,67
De 6 a 10 salários	13	28	33,33
De 10 a 20 salários	3	4	4,17
Acima de 20 salários	0	0	12,50
Total	56,48	43,52	100
Escolaridade			
Primário completo	2	0	0,93
Primário incompleto	0	0	0
Segundo grau completo	2	2	1,85
Segundo grau incompleto	13	9	11,11
Nível superior Completo	38	66	50,00
Nível superior incompleto	46	23	36,11
Total	56,48	43,52	100

¹NOTA: Renda com base no salário-mínimo vigente no estado do Paraná (R\$ 1.577,40).

FONTE: A autora (2024).

TABELA 5 -PERFIL DE PREFERÊNCIAS E HÁBITOS DE CONSUMO (N=110 CONSUMIDORES)

Pergunta	Opções de resposta	População Total (%)
Qual a sua frequência de consumo de carne suína resfriada?	1 vez na semana	31,2
	2-3 vezes na semana	15,6
	3-4 vezes na semana	2,8
	1 vez por mês	25,6
	2 vezes por mês	24,8
Onde você compra carne suína resfriada?	Açougue	29,1
	Supermercado	64,5
	Frigorifico	1,8
	Outros	4,6
Como você prefere comprar carne suína resfriada?	Fresca	51,8
	Embalada resfriada	35,5
	Embalada congelada	12,7
A cor é um fator importante para sua escolha no momento da compra de carne suína resfriada?	Sim	98,2
	Não	1,8
Qual o maior fator de impacto na hora da escolha da carne suína resfriada?	Preço	40,9
	Cor	47,3
	Marca produtora	11,9

FONTE: A autora (2024).

A TABELA 6 apresenta os resultados da avaliação visual dos consumidores. A carne do grupo 7 (entrada de 7 animais) apresentou maior aceitabilidade visual e maior intenção de compra em comparação aos grupos 10 e 15. As médias de preferência indicam que os consumidores atribuíram notas significativamente mais altas para o grupo 7, com um escore hedônico médio de 5,50, em contraste com 5,40 e 5,21 para os grupos 10 e 15, respectivamente ($P < 0,05$). Além disso, a intenção de compra também foi mais favorável para o grupo 7, com menor valor médio (1,41) em uma escala onde 1 representa "compraria" e 2 "não compraria" ($P < 0,05$). Esses resultados sugerem que o tamanho do grupo de condução para o abate impacta significativamente a aceitação visual e a intenção de compra, possivelmente devido a diferenças no manejo pré-abate e seus efeitos na qualidade visual da carne.

Faucitano; Raj (2022) destacam que fatores de estresse, como densidade no transporte e manuseio, podem alterar características como a cor da carne, especialmente tons mais claros ou escuros fora do padrão desejado, e é frequentemente associada à qualidade e frescor pelo consumidor, sendo um fator determinante na decisão de compra (Font-i-Furnols; Guerrero, 2014).

TABELA 6 -ACEITAÇÃO VISUAL E INTENÇÃO DE COMPRA PELO CONSUMIDOR (n=110 CONSUMIDORES).¹

	Grupos			<i>p-valor</i>	EPM ⁴
	7 ¹	10 ²	15 ³		
Preferência ⁵	5,50 ^a	5,40 ^{ab}	5,21 ^b	<0,001	0,028
Intenção de compra ⁶	1,41 ^b	1,44 ^{ab}	1,48 ^a	<0,001	0,006

¹NOTA: Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha são significativamente diferentes (p <0,05). ¹ Grupo 7: entradas de 7 animais, B- Grupo 10: entradas de 10 animais, C- Grupo 15: entradas de 15 animais. ⁴EPM – Erro padrão das Médias.;⁵Preferência – Medida pela escala hedônica (1 = desgosto extremamente; 9 = gosto extremamente com o ponto central neutro (indiferente); ⁶Intenção de compra- (1- Compraria; 2- Não compraria).

FONTE: A autora (2024).

De Moraes Pinto et al. (2023) também destacam que a preferência e a intenção de compra dos consumidores estão diretamente relacionadas ao aspecto visual da carne no momento da escolha, reforçando a necessidade de estratégias que minimizem o impacto do manejo pré-abate na qualidade visual. Dessa forma, compreender as preferências do consumidor e os fatores que influenciam sua decisão de compra é essencial para otimizar os processos produtivos e atender às demandas do mercado.

6. CONCLUSÃO

Embora o manejo pré-abate, especialmente durante a movimentação dos animais da área de descanso até o processo de insensibilização, tenha influenciado o pH inicial e a temperatura muscular, esses fatores não afetaram a transformação do músculo em carne nem comprometeram a qualidade tecnológica final do produto. No entanto, destaca-se que o grupo 7 contribuiu significativamente para preservar a aceitabilidade visual e a intenção de compra da carne pelos consumidores.

Portanto, é essencial adotar práticas de manejo que minimizem o estresse dos suínos durante todas as fases de produção, incluindo o transporte e o abate, para garantir a qualidade visual e sensorial da carne e, ao mesmo tempo, promover o bem-estar animal.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destaca a relevância de práticas adequadas de manejo pré-abate, como a condução em grupos menores durante a movimentação dos animais da área de descanso até o processo de insensibilização, com o objetivo de minimizar o estresse animal e preservar a qualidade inicial da carne, especialmente no que se refere à preferência dos consumidores no momento da compra. Os resultados obtidos oferecem subsídios para a implementação de estratégias que aprimorem a eficiência do processamento e aumentem a satisfação dos consumidores, promovendo, assim, a sustentabilidade e a competitividade na cadeia produtiva de carne suína. Mais estudos nesta linha de pesquisa são necessários para elucidar as informações.

REFERÊNCIAS

ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; GERRARD, D. E.; MILLS, E. W. Principles of Meat Science. 5. ed. **Kendall Hunt Publishing Company**, 2012.

ABPA. Estatísticas Setoriais. Disponível em: <https://abpa-br.org/estatisticas-setoriais/> Acesso em: 12 jun. 2023.

ABPA. Relatório Anual 2024. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf Acesso em: 12 jun. 2023.

ACEVEDO-GIRALDO, J. D.; SÁNCHEZ, J. A.; ROMERO, M. H. Effects of feed withdrawal times prior to slaughter on some animal welfare indicators and meat quality traits in commercial pigs. **Meat Science**, v. 167, p. 107993, 2020.

AGROCERES PIC. Guia: Valor Máximo de Carcaça. Disponível em: <https://agrocerespic.com.br/pt/noticias/guia-valor-maximo-de-carcaca/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

AMODEO, C.; NOGUEIRA, A. DA R.; PEREIRA, A. A.; et al. Hipertensão arterial sistêmica secundária. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 32, p. 44–53, 2010.
ANDERSON, D. B.; Relationship of blood lactate and meat quality in market hogs. 63rd Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260983276_Relationship_of_blood_lactate_and_meat_quality_in_market_hogs Acesso em: 20 jun. 2024.

ARAUJO, A. P.; **Manejo pré-abate e bem-estar dos suínos em frigoríficos brasileiros**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/9ab6be77-a4cb-4090-b80d-eb42971fc03b/content> Acesso em: 20 jun. 2024.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociência: desvendando o sistema nervoso**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

BEATTIE, V. E.; WEATHERUP, R. N.; MOSS, B. W. The effect of feed restriction prior to slaughter on performance and meat quality of pigs. **Proceedings of the British Society of Animal Science**, v. 1999, p. 11–11, 1999.

BEZERRA, B. M. O.; SILVA, S. S. C.; OLIVEIRA, A. M. A.; SILVA, C. V. O.; PARENTE, R. A.; ANDRADE, T. S.; EVANGELISTA, J. N. B.; PINHEIRO, D. C. S. N. Avaliação do estresse e do desempenho de suínos na fase de creche, empregando-se técnicas de enriquecimento ambiental. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 1, p. 281-290, 2019.

BRADSHAW, R. H.; PARROTT, R. F.; GOODE, J. A.; et al. Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: effect of mixing and duration of journey. **Animal Science**, v. 62, n. 3, p. 547–554, 1996.

BRASIL. Portaria nº 1.304, de 28 de dezembro de 2018. Regulamento técnico de boas práticas de fabricação em estabelecimentos industriais de produtos de origem animal. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília, DF, 2 jan. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-1.304-de-28-de-dezembro-de-2018-89472460>. Acesso em: 7 out. 2024.

BRASIL. Regulamento Técnico de Manejo Pré-abate e Abate Humanitário. Instrução Normativa nº 17, de 7 de abril de 2021. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília, DF, 9 abr. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-17-de-7-de-abril-de-2021-311057232>. Acesso em: 7 out. 2024.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Avaliação da carne suína**. Londrina: Midiograf. p.120, 2009. Disponível em: <https://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/Material%20para%20consulta/Bridi%20e%20Silva,%20202009%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20carca%C3%A7a%20su%C3%ADna.pdf> Acesso em: 20 jun. 2024.

BROOM, D. M.; JOHNSON, K. G. **Stress and Animal Welfare**. Netherlands: Springer, 1993.

CORREA, J. A.; GONYOU, H. W.; TORREY, S.; et al. Welfare and carcass and meat quality of pigs being transported for two hours using two vehicle types during two seasons of the year. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 1, p. 43–55, 2013.

CORREA, J. A.; TORREY, S.; DEVILLERS, N.; et al. Effects of different moving devices at loading on stress response and meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 12, p. 4086–4093, 2010.

CORREA, J.; GONYOU, H.; TORREY, S.; et al. Welfare of Pigs Being Transported over Long Distances Using a Pot-Belly Trailer during Winter and Summer. **Animals**, v. 4, n. 2, p. 200–213, 2014.

CUNNINGHAM, J.; KLEIN, B. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 4. ed. Guanabara: Koogan, 2008.

DALLA COSTA, F. A.; DEVILLERS, N.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; FAUCITANO, L. Effects of applying preslaughter feed withdrawal at the abattoir on behaviour, blood parameters and meat quality in pigs. **Meat Science**, v. 119, p. 89–94, 2016.

DALLA COSTA, O. A.; COLDEBELLA, A.; COSTA, M. J. R. P. DA; et al. Período de descanso dos suínos no frigorífico e seu impacto na perda de peso corporal e em características do estômago. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1582–1588, 2006.

DALLA COSTA, O. A.; LUDTKE, C. B.; KOCH, V. A. Efeito do transporte e densidade no bem-estar e qualidade da carne suína. **Ciência Rural**, v.49, n.12, p.1-8, 2019.

DE SOUZA, C. F., ALVES, J. B., & SILVA, R. A. Impact of pre-slaughter handling on pork meat quality: stress and muscle metabolism. **Meat Science**, v. 158, p. 107-115, 2020.

DIAS, C. P.; SILVA, C. A.; MANTECA, X. **Bem-estar dos suínos**. 1. ed. Londrina: Midiograf, 2014.

DIESEL, T. A.; **Fatores de risco associados às perdas quantitativas e econômicas ocorridas no manejo pré-abate de suínos**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Câmpus Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/3a32beef-da45-45e0-b3cf-697789cfeaae/content> Acesso em: 20 jun. 2024.

DOKMANOVIĆ, M.; VELARDE, A.; TOMOVIĆ, V.; et al. The effects of lairage time and handling procedure prior to slaughter on stress and meat quality parameters in pigs. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 220–226, 2014.

EIKELNBOOM, G. **Proceedings of the meeting “Pig carcass and meat quality”**, p.199. Bologna, 1998.

FAUCITANO, L. Causes of skin damage to pig carcasses. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 81, n. 1, p. 39–45, 2001.

FAUCITANO, L. **Efeitos do manuseio pré-abate sobre o bem-estar e sua influência sobre a qualidade da carne**. Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade da Carne Suína. p.55–75, 2000.

FAUCITANO, L.; CHEVILLON, P.; ELLIS, M. Effects of feed withdrawal prior to slaughter and nutrition on stomach weight, and carcass and meat quality in pigs. **Livestock Science**, v. 127, n. 2–3, p. 110–114, 2010.

FAUCITANO, L.; GOUMON, S. Transport of pigs to slaughter and associated handling. **Advances in Pig Welfare**. p. 261–293, 2018.

FAUCITANO, L.; LAMBOOIJ, E. **Transport of pigs. Livestock handling and transport**. 5. ed. p. 307–327. Boston: CABI, 2019.

FAUCITANO, L.; PEDERNEIRA, C. Reception and unloading of animals. **Animal Welfare at Slaughter**. 1. ed., p. 33–50, Sheffield: 5M Publishing, 2016.

FAUCITANO, L.; RAJ, M. Pigs. **Preslaughter Handling and Slaughter of Meat Animals**. 1. ed, p.179–230, The Netherlands: Brill Wageningen Academic, 2022.

FERGUSON, D. M., WARNER, R. D., & BARNETT, J. L. The influence of handling and pre-slaughter stress on meat quality in pigs: A review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 52(1), p. 111–127, 2001.

FERNANDEZ, X.; MEUNIER-SALAÜN, M.-C.; MORMEDE, P. Agonistic behavior, plasma stress hormones, and metabolites in response to dyadic encounters in domestic pigs: Interrelationships and effect of dominance status. **Physiology & Behavior**, v. 56, n. 5, p. 841–847, 1994.

FONT-I-FURNOULS, M.; GUERRERO, L. Consumer preference, behavior, and perception about meat and meat products: An overview. **Meat Science**, v. 98(3), p. 361–371, 2014.

FRAQUEZA, M. J.; ROSEIRO, L. C.; ALMEIDA, J.; et al. Effects of lairage temperature and holding time on pig behaviour and on carcass and meat quality. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 60, n. 4, p. 317–330, 1998.

GEVERINK, N. A.; BÜHNEMANN, A.; VAN DE BURG WAL, J. A.; et al. Responses of Slaughter Pigs to Transport and Lairage Sounds. **Physiology & Behavior**, v. 63, n. 4, p. 667–673, 1998.

GEVERINK, N. A.; VERDONK, J. M. A.; SPANJER, A. M. Stress responses and meat quality in pigs: The impact of handling and lairage conditions. **Meat Science**, v.78, n.4, p.556-563, 2021.

GISPERT, M.; FAUCITANO, L.; OLIVER, M. A.; et al. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**, v. 55, n. 1, p. 97–106, 2000.

GOMES, M. E., ROCHA, L. F., & FERREIRA, T. R. Effect of transport density and pre-slaughter resting time on pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 3, p. 1231-1240, 2021.

GRANDIN, T. A. **Methods to reduce PSE and bloodsplash**. Lemna Swine Conference. p.206–209. Minnesota: University of Minnesota, 1994.

GRANDIN, T. Engineering and design of holding yards, loading ramps and handling facilities for land and sea transport of livestock. **Veterinaria italiana**, v. 44, n. 1, p. 235–45, 2008.

GREGORY, N.; MOSS, B.; LEESON, R. An assessment of carbon dioxide stunning in pigs. **Veterinary Record**, v. 121, n. 22, p. 517–518, 1987.

GUÀRDIA, M. D.; ESTANY, J.; BALASCH, S.; et al. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. **Meat Science**, v. 67, n. 3, p. 471–478, 2004.

GUÀRDIA, M. D.; ESTANY, J.; BALASCH, S.; et al. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. **Meat Science**, v. 70, n. 4, p. 709–716, 2005.
HALL, J. E.; HALL, M. E. **Tratado de Fisiología Médica**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

HALLER, J.; MAKARA, G. B.; KRUK, M. R. Catecholaminergic involvement in the control of aggression: hormones, the peripheral sympathetic, and central

noradrenergic systems. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 22, n. 1, p. 85–97, 1997.

HAMBRECHT, E.; EISSEN, J. J.; NEWMAN, D. J.; et al. Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 440–448, 2005.
HAMM, R. **Biochemistry of Meat Hydration**. p.355–463, 1961.
HARRISON, R.; DAWKINS, M. S. **Animal Machines: The New Factory Farming Industry**. 1. ed., Vincent Stuart, 1964.

HARTUNG, J.; NOWAK, B.; SPRINGORUM, A. C. **Animal welfare and meat quality**. Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat. p.628–646, Elsevier, 2009.

HONIKEL, K. Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. **Meat Science**, v. 49, n. 4, 1998.

ISRAEL, H. T.; OMAR, A. R.; CONRADO, L. P. A.; et al. Manejo pré-abate e qualidade de carne. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 11, n. 8, p. 1–11, 2010.
JOHNSON, A. K.; GESING, L. M.; ELLIS, M.; et al. Farm and pig factors affecting welfare during the marketing process. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 6, p. 2481–2491, 2013.

KAUFFMAN, R. G.; CASSENS, R. C.; SCHERER, A.; MEEKER, D. L. **Variations in pork quality**. Des Moines: Producers Council publication, 1992.

KIM, D. H.; WOO, J. H.; LEE, C. Y. Effects of Stocking Density and Transportation Time of Market Pigs on Their Behaviour, Plasma Concentrations of Glucose and Stress-associated Enzymes and Carcass Quality. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 17, n. 1, p. 116–121, 2004.

KIM, G. D., JEONG, J. Y., & LEE, J. H. Influence of postmortem pH and muscle fiber characteristics on pork quality. **Food Chemistry**, v. 276, p. 76–84, 2019.

KIM, Y. H. B., WARNER, R. D., & ROSENVOLD, K. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review. **Animal Production Science**, v. 58(5), p. 799–806, 2018.

KRISTENSEN, L., & PURSLOW, P. P. The structure and properties of muscle tissue affecting postmortem changes in meat quality. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19(2), p. 349–372, 2020.

LEWIS, C. R. G.; MCGLONE, J. J. Moving finishing pigs in different group sizes: Cardiovascular responses, time, and ease of handling. **Livestock Science**, v. 107, n. 1, p. 86–90, 2007.

LIU, J., ZHOU, G. H., & WANG, J. Lipid and protein oxidation in meat during storage: Mechanisms and control. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62(8), p. 2144–2155, 2022.

LUDTKE, C. B. **Bem-estar animal no transporte e a influência na qualidade da carne suína**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2008.

LUDTKE, C. B.; CIOCCA, J. R. P.; DANDIN, T.; et al. **Abate humanitário de suínos**. Rio de Janeiro, 2010.

MACHADO, S. T.; SANTOS, R. C.; CALDARA, F. R.; et al. Operação de transporte e tempo de descanso na incidência de carne PSE em suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1065–1071, 2014.

MARCON, A. V. **Qualidade da carne de suínos submetidos a diferentes métodos de insensibilização no abate**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, 2017.

MARIBO, H., OLSEN, E. V., BARTON-GADE, P. A., MOLLER, A. J., & KARLSSON, A. Effect of early post-mortem cooling on temperature, pH fall and meat quality in pigs. **Meat Science**, v. 50(1), p. 115–129, 1998.

MELLOR, D. J.; REID, C. S. W. Concepts of animal well-being and predicting the impact of procedures on experimental animals. **Improving the well-being of animals in the research environment**, p. 3–18, 1994.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A. D. D. A. PORTARIA No 365, DE 16 DE JULHO DE 2021. Brasil: **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO/SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA**, 2021.

MINOLTA. **Precise color communication – color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta Co, 1998.

MONTESCHIO, J. O.; VARGAS-JUNIOR, F. M.; ALMEIDA, F. L. A.; et al. The effect of encapsulated active principles (eugenol, thymol and vanillin) and clove and rosemary essential oils on the structure, collagen content, chemical composition and fatty acid profile of Nellore heifers muscle. **Meat Science**, v. 155, p. 27–35, 2019.

MURRAY, A. Reducing Losses from Farm Gate to Packer. **Agricultural and Food Sciences**, 2000.

MURRAY, C.; JONES, S. D. M. **The effect of mixing, fasting and genotype on carcass shrinkage and pork quality**. INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY. França, p. 205–208, 1992.

NAWROTH, C.; LANGBEIN, J.; COULON, M.; et al. Farm Animal Cognition—Linking Behavior, Welfare and Ethics. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, 2019.

NIELSEN, S. S.; ALVAREZ, J.; BICOUT, D. J.; et al. Welfare of pigs during transport. **EFSA Journal**, v. 20, n. 9, 2022.

OLIVEIRA, D.; ID, M.; MIRANDA, F.; et al. Copaíba essential oil (*Copaifera* Effect of copai officinalis L.) as a natural preservative on the oxidation and shelf life of sheep burgers. **PLOS ONE**, p. 1–16, 2021.

OLIVEIRA, R. M. J. DE. **Efeitos da prática do Reiki sobre aspectos psicofisiológicos e de qualidade de vida de idosos com sintomas de estresse: estudo placebo e randomizado**. Tese (Doutorado em Psicobiologia) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, R. P., BARROS, D. M., & COSTA, L. T. pH decline and glycolytic potential in pork: A review of pre-slaughter factors. **Meat Science Review**, v. 45, n. 2, p. 211-222, 2022.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2. ed. Goiânia: Editora UFG, 2001.

PEREZ, M. P.; PALACIO, J.; SANTOLARIA, M. P.; et al. Influence of lairage time on some welfare and meat quality parameters in pigs. **Veterinary Research**, v. 33, n. 3, p. 239–250, 2002.

PINTO, L. A.; FRIZZO, A.; BENITO, C. E.; et al. Effect of an antimicrobial photoinactivation approach based on a blend of curcumin and *Origanum* essential oils on the quality attributes of chilled chicken breast. **LWT**, p. 114484, 2023.

RIBEIRO, Caio César de Sousa et al. New alternatives for improving and assessing the color of dark-cutting beef – a review. **Scientia Agricola**, v. 79, n. 1, p. 1-16, 2022.

RITTER, M. J.; ELLIS, M.; BOWMAN, R.; et al. Effects of season and distance moved during loading on transport losses of market-weight pigs in two commercially available types of trailer. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 11, p. 3137–3145, 2008.

ROCHA, L. T. **Efeitos da densidade e tempo de espera em frigorífico sobre o bem-estar animal, lesões da pele e qualidade de carne suína**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2023.

RODRÍGUEZ, P.; DALMAU, A.; RUIZ-DE-LA-TORRE, J.; et al. Assessment of unconsciousness during carbon dioxide stunning in pigs. **Animal Welfare**, v. 17, n. 4, p. 341–349, 2008.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality—a review. **Meat Science**, v. 64, n. 3, p. 219–237, 2003.

SANTIAGO, J. C.; CALDARA, F. R.; SANTOS, V. M. O.; et al. Incidência da carne PSE (pale, soft, exsudative) em suínos em razão do tempo de descanso pré-abate e sexo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 6, p. 1739–1746, 2012.

SANTOS, E. O. Metabolismo do estresse: impactos na saúde e na produção animal. **Lacvet**, 2020.

SHEN, L., XU, Y., & ZHU, W. Effects of postmortem storage on the pH and water-holding capacity of pork. **Journal of Muscle Foods**, v. 17(2), p. 172–182, 2006.
SHEN, Q. W.; MEANS, W. J.; THOMPSON, S. A.; et al. Pre-slaughter transport, AMP-activated protein kinase, glycolysis, and quality of pork loin. **Meat Science**, v. 74, n. 2, p. 388–395, 2006.

SOARES, C. A. **Interferência da distância de transporte e do manejo pré-abate no frigorífico sobre as injúrias na carcaça e qualidade da carne suína**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

SOMMAVILLA, R.; FAUCITANO, L.; GONYOU, H.; et al. Season, Transport Duration and Trailer Compartment Effects on Blood Stress Indicators in Pigs: Relationship to Environmental, Behavioral and Other Physiological Factors, and Pork Quality Traits. **Animals**, v. 7, n. 2, p. 8, 2017.

SOUZA RIBEIRO, C. M., et al. (2022). Influence of oxidative stress on meat color stability during storage. **Meat Science**, v. 193, p. 108924, 2022.
STEPHENS, D. B.; PERRY, G. C. The effects of restraint, handling, simulated and real transport in the pig (with reference to man and other species). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 28, n. 1–2, p. 41–55, 1990.

STEVENSON, P.; BATTAGLIA, D.; BULLON, C.; CARITA, A. **Review of animal welfare legislation in the beef, pork, and poultry industries**. Roma: FAO, 2014.

SUTTON, D. S.; BREWER, M. S.; MCKEITH, F. K. Effects of sodium lactate and sodium phosphate on the physical and sensory characteristics of pumped pork loins. **Journal of Muscle Foods**, v. 8, n. 1, p. 95–104, 1997.

TEIXEIRA, D. L.; BOYLE, L. A. A comparison of the impact of behaviours performed by entire male and female pigs prior to slaughter on skin lesion scores of the carcass. **Livestock Science**, v. 170, p. 142–149, 2014.

TERLOUW, C. Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience. **Livestock Production Science**, v. 94, n. 1–2, p. 125–135, 2005.

TRECENTI, A. S.; ZAPPA, V. ABATE HUMANITÁRIO: REVISÃO DE LITERATURA. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 11, n. 21, 2013.
URREA, V. M.; BRIDI, A. M.; CEBALLOS, M. C.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R.; FAUCITANO, L. Behavior, blood stress indicators, skin lesions, and meat quality in pigs transported to slaughter at different loading densities. **Journal of Animal Science**, 2021.
VAN LAACK, R. L.; KAUFFMAN, R. G. Glycolytic potential of red, soft, exudative pork longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 11, p. 2971, 1999.
VANACLOCHA, A. C.; VAZQUEZ, R. L. **Tecnología de mataderos**. Madri: Mundi-Prensa, 2004.

VELARDE, A.; CRUZ, J.; GISPERT, M.; et al. Aversion to carbon dioxide stunning in pigs: effect of carbon dioxide concentration and halothane genotype. **Animal Welfare**, v. 16, n. 4, p. 513–522, 2007.

VERHOEVEN, M.; GERRITZEN, M.; VELARDE, A.; HELLEBREKERS, L.; KEMP, B. Time to Loss of Consciousness and Its Relation to Behavior in Slaughter Pigs during Stunning with 80 or 95% Carbon Dioxide. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 3, 2016.

VIEIRA, C. A. **Etologia**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/biologia/etologia>
Acesso em: 10 jun. 2024.

VITAL, A. C. P.; GUERRERO, A.; MONTESCHIO, J. D. O.; et al. Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability. **PLOS ONE**, v. 11, n. 8, p. 1–15, 2016.

WARNER, R. **Meat: Conversion of Muscle into Meat**. Encyclopedia of Food and Health, p.677–684, Elsevier, 2016.

WARRISS, P. D. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: a review. **Veterinary Record**, v. 142, n. 17, p. 449–454, 1998.

WEEKS, C. A review of welfare in cattle, sheep and pig lairages, with emphasis on stocking rates, ventilation and noise. **Animal Welfare**, v. 17, n. 3, p. 275–284, 2008.

WOAH. **Capítulo 7: Health standards for international trade in animals and animal products**. Em: OIE - World Organisation for Animal Health. Titre 1.7 - Health standards for international trade in animals and animal products. 2018.

ZHANG, Y.; HE H.; LIU, Y. Enzymatic degradation and pH changes in pork during chilled storage. **Food Research International**, v. 143, p. 110276, 2021.