



POLLYANA FIGUEIREDO ALVES DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DE FATORES DO PRÉ-ABATE DE SUÍNOS
SOBRE O PH INICIAL: ESTUDO DE CASO**

LAVRAS – MG

2022

POLLYANA FIGUEIREDO ALVES DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DE FATORES DO PRÉ-ABATE DE SUÍNOS SOBRE O PH INICIAL:
ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia da Produção Animal, área de concentração em Tecnologia de Produtos de Origem Animal, para a obtenção do título de Mestre

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria
Orientador
Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos
Coorientador

LAVRAS – MG

2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Souza, Pollyana Figueiredo Alves de.

Influência de fatores do pré-abate de suínos sobre o pH inicial:
estudo de caso / Pollyana Figueiredo Alves de Souza. - 2022.

58 p.

Orientador(a): Peter Bitencourt Faria.

Coorientador(a): Eduardo Mendes Ramos.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Manejo pré-abate. 2. pH. 3. PSE. I. Faria, Peter Bitencourt.
II. Ramos, Eduardo Mendes. III. Título.

POLLYANA FIGUEIREDO ALVES DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DE FATORES DO PRÉ-ABATE DE SUÍNOS SOBRE O PH INICIAL:
ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia da Produção Animal, área de concentração em Tecnologia de Produtos de Origem Animal, para a obtenção do título de Mestre

APROVADA em 21 de outubro de 2022.

| | |
|-------------------------------|-------|
| Dr. Peter Bitencourt Faria | UFLA |
| Dr. Rony Antônio Ferreira | UFLA |
| Dr. Leonardo da Silva Fonseca | UFVJM |

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria
Orientador
Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos
Coorientador

**LAVRAS – MG
2022**

*À minha mãe e ao meu pai (in memoriam),
por serem meus grandes exemplos de perseverança!!!*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por guiar meus passos a cada dia.

À Universidade Federal de Lavras e ao colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Produção Animal, pela oportunidade de realização do mestrado profissional.

À empresa Nutrili Indústria e Comércio de Carnes Ltda, por permitir a condução do trabalho e conciliação entre vida profissional e acadêmica.

À equipe de trabalho da empresa Nutrili e estagiária Júlia Alves, por auxiliar na coleta de dados.

Ao professor e orientador Dr. Peter Bitencourt Faria, pela orientação e comprometimento no desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Dr. Rony, e Dr. Leonardo pela participação na banca examinadora.

À minha família, pelo apoio e amor incondicionais.

À parceira de trabalho e amiga Amanda, que me ajudou na condução do trabalho em todas as etapas.

Ao Léo, meu companheiro durante anos, pelo incentivo para realização do mestrado.

À Vanessa Carvalho, minha terapeuta, pelo suporte emocional durante esses anos.

Muito obrigada!

RESUMO

A carne suína é a fonte de proteína animal mais consumida em todo o mundo e utilizada em diversos produtos cárneos. Sabe-se que a qualidade da carne pode ser influenciada por diversos fatores, sendo o manejo pré-abate um dos principais associados a ocorrência da perda da qualidade. Fatores associados à ocorrência de estresse podem ocasionar modificações bioquímicas musculares importantes, que interferem de forma decisiva no processo de transformação do músculo em carne e conseqüentemente na qualidade. Uma das formas de mensurar a qualidade da carne suína na prática é monitorar os valores de pH, visto que este parâmetro está relacionado com alterações nas características de cor, textura (maciez e suculência, por exemplo), capacidade de retenção de água, vida de prateleira ou ainda ao processamento. Esse estudo foi conduzido em abatedouro frigorífico comercial com objetivo de avaliar a incidência de indicativo de carne PSE (*Pale, Soft and Exudative*) em carcaças suínas em função das condições de manejo pré-abate. Para isso foram coletados 4.449 dados de pH e temperatura das carcaças aos 45 minutos após abate (sangria). As variáveis avaliadas foram: distância de transporte (até 100 km, entre 101 e 200 km, entre 201 e 300 km e acima de 300 km), tempo de transporte (até 3 horas, entre 3 e 6 horas, entre 6 e 9 horas, entre 9 e 12 horas e acima de 12 horas), densidade da carga (abaixo de 0,35 kg/m², entre 0,35 e 0,40 kg/m², entre 0,41 e 0,45 kg/m² e acima de 0,45 kg/m²), tempo de jejum (até 24 horas e acima de 24 horas), tempo de descanso (até 3 horas, entre 3 e 6 horas, entre 6 e 9 horas, entre 9 e 12 horas e acima de 12 horas), peso médio (abaixo de 100 kg, entre 100 e 110 kg, entre 110,1 e 120 kg e acima de 120 kg), temperatura média na área de descanso (até de 24°C e acima de 24°C) e temperatura máxima na área de descanso (abaixo de 24°C, entre 24 e 28°C, entre 28,1 e 32°C e acima de 32°C). A partir dos valores de pH₄₅ obtidos foi realizada a classificação das carcaças em Normais e PSE. A carcaça foi classificada como Normal quando apresentou pH₄₅ ≥ 5,90 e; susceptível a ocorrência de PSE quando apresentou pH₄₅ < 5,90. Os resultados encontrados mostraram diferença significativa entre os valores de jejum e temperatura média na área de descanso na incidência de carcaças com predisposição para ocorrência de PSE. Nos casos de jejum acima de 24 horas, ocorreu probabilidade 1,41 vezes maior em ocorrer carcaças com predisposição para carne PSE. Para temperaturas médias acima de 24°C, a probabilidade foi de 1,52 vezes. Os demais parâmetros avaliados não tiveram diferença significativa em relação a ocorrência de carne PSE.

Palavras-chave: Manejo pré-abate. pH. PSE

ABSTRACT

Pork is the most consumed source of animal protein in the world and is used in several meat products. It is known that the quality of the meat can be influenced by several factors, being pre-slaughter handling one of the main factors associated with the occurrence of loss of quality. Factors associated with the occurrence of stress can cause important muscle biochemical changes, which decisively interfere with the process of transformation of the muscle into the meat and consequently in the quality. One of the ways to measure the quality of pork meat in practice is to monitor pH values once this parameter is related to changes in color, texture (tenderness and juiciness, for example), water retention capacity, shelf life, or even processing. This study was conducted in a commercial slaughterhouse to evaluate the incidence of PSE (Pale, Soft, and Exudative) meat indicative in swine carcasses according to pre-slaughter handling conditions. For this, 4449 pH and temperature data were collected from the carcasses 45 minutes after slaughter (bleeding). The variables evaluated were: transport distance (up to 100km, between 101 and 200km, between 201 and 300km and above 300km), transport time (up to 3 hours, between 3 and 6 hours, between 6 and 9 hours, between 9 and 12 hours and above 12 hours), load density (below 0.35kg/m², between 0.35 and 0.40 kg/m², between 0.41 and 0.45 kg/m² and above 0.45 kg/m²), fasting time (up to 24 hours and above 24 hours), resting time (up to 3 hours, between 3 and 6 hours, between 6 and 9 hours, between 9 and 12 hours, and over 12 hours), average weight (under 100kg, between 100 and 110kg, between 110,1 and 120kg, and over 120kg), the average temperature in the resting area (up to 24°C and over 24°C), and maximum temperature in the resting area (under 24°C, between 24 and 28°C, between 28,1 and 32°C, and over 32°C). From the pH₄₅ values obtained, the carcasses were classified as Normal and PSE. The carcass was classified as normal when it presented pH₄₅ ≥ 5.90 and susceptible to the occurrence of PSE when it presented pH₄₅ < 5.90. The results showed a significant difference between the values of fasting and the average temperature in the resting area in the incidence of carcasses predisposed to the occurrence of PSE. In cases of fasting above 24 hours, there was a 1.41 times greater probability of occurring carcasses with a predisposition to PSE meat. For average temperatures above 24°C, the probability was 1.52 times. The other parameters evaluated did not show significant differences in the occurrence of PSE meat.

Key words: PSE. pre-slaughter management. pH

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Figura 1- Alterações metabólicas durante a transformação do músculo em carne. | 14 |
| Figura 2- Curvas de queda de pH post mortem e características da carne | 16 |
| Figura 3 - Fluxograma das etapas do manejo pré-abate e variáveis que podem influenciar na qualidade da carne | 21 |
| Figure 4 - Frequency histograms for pig carcass (M. Semimembranosus): (A) the initial pH results (45 minutes) and (B) the initial temperature results (45 minutes). Erro! Indicador não definido. | |
| Figure 5 - Relationship between initial pH (M. Semimembranosus) and initial temperature (45 minutes) for pig carcass..... | Erro! Indicador não definido. |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Tabela 1- Limites de valores de pH para carne PSE, Normal e DFD de acordo com alguns autores..... | 17 |
| Tabela 2- Propriedades e fins tecnológicos das carnes PSE e DFD | 20 |
| Table 3 - Evaluation of the effects of variables on carcass temperature and initial pH (M. semimembranosus) at 45 minutes postmortem. | Erro! Indicador não definido. |
| Table 4 - Evaluation of the possibility of occurrence of PSE in pork carcass as a function of the variables studied | Erro! Indicador não definido. |

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CAPÍTULO 1..... | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 13 |
| 2.1 Abate e transformação do músculo em carne..... | 13 |
| 2.2 Curva de pH da carne no processo de instalação do <i>rigor mortis</i>..... | 14 |
| 2.3 Implicações do pH sobre a qualidade da carne..... | 18 |
| 2.4 Fatores que podem influenciar na qualidade da carne..... | 21 |
| 2.4.1 Manejo pré-abate de suínos..... | 22 |
| 3. CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 28 |
| 4. REFERÊNCIAS..... | 28 |
| CAPÍTULO 2..... | 33 |
| SUMMARY..... | 34 |
| RESUMO..... | 35 |
| INTRODUCTION..... | 35 |
| MATERIALS AND METHODS..... | 37 |
| Site characterization, adopted practices, and data collection..... | 37 |
| Analyzed variables and sample size..... | 38 |
| Analysis of pH, carcass temperature and estimation of the occurrence of PSE..... | 39 |
| Statistical analysis..... | 39 |
| RESULTS..... | 40 |
| DISCUSSION..... | 41 |
| CONCLUSION..... | 45 |
| REFERENCES..... | 46 |
| APÊNDICE A..... | 57 |

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A carne suína é a fonte de proteína animal mais consumida em todo o mundo, sendo o Brasil o quarto maior produtor e exportador desta. Dados da Embrapa (2021) demonstraram aumento no abate de suínos no Brasil, passando de 1.344 mil toneladas no ano 2000 para 4.891 mil toneladas em 2021.

Neste contexto, para que a produção de carne suína seja suficiente para atender a demanda interna e ainda permitir a exportação para outros continentes, o Brasil conta com uma cadeia produtiva organizada, o que inclui produtor de grãos, fábricas de rações, transportadores, abatedouros e frigoríficos além do segmento de equipamentos, medicamentos, distribuição e o consumidor final (EMBRAPA, 2022).

Vale ressaltar que o trabalho da cadeia suinícola não finaliza na granja já que, o processo final é a transformação do suíno em carne. Neste ponto, torna-se necessário elucidar os efeitos do manejo pré-abate sobre a qualidade da carne, haja vista que quando submetidos a condições estressantes, os suínos podem sofrer modificações bioquímicas musculares consideráveis, as quais interferem de forma decisiva na qualidade de sua carne (LAWRIE, 2005; RAMOS; GOMIDE, 2017; SANTIAGO et al., 2012).

O manejo pré-abate de suínos consiste na etapa de maior importância na produção animal, já que envolve procedimentos que podem interferir significativamente no resultado de todo o ciclo produtivo, resultando em carcaças e, conseqüentemente, carne de má qualidade. Esse manejo inicia-se ainda na granja com separação dos animais destinados ao abate, seguido de jejum, embarque, transporte, desembarque no frigorífico, tempo de descanso e movimentação até a insensibilização e a sangria (DALLA COSTA et al., 2010; MARCON, 2017).

A qualidade da carne suína pode ser avaliada e a mensuração de alguns parâmetros como o pH apresenta grande importância. Os valores de pH estão relacionados a outros parâmetros como alteração nas características de cor, textura (maciez e suculência, por exemplo) e capacidade de retenção de água, rendimento industrial, vida útil e valor nutricional, justificando a importância do seu monitoramento e controle na indústria da carne (LIMONI et al., 2017; RAMOS; GOMIDE, 2017; SILVA et al., 2014).

Alterações no pH, quando presentes, podem desencadear ocorrência de carnes com aspecto que as caracterizam como pálidas, flácidas e exsudativas (PSE) e são indesejáveis, representando um sério problema para a indústria da carne suína, pois, além de serem rejeitadas

pelos consumidores, prejudicam os processos industriais de fabricação, ocasionando perdas econômicas consideráveis (CALDARA et al., 2012; MOURA et al., 2015; RAMOS; GOMIDE, 2017; RÜBENSAM, 2000).

Dessa forma, o objetivo geral com este estudo foi avaliar a temperatura e o pH de carcaças suínas aos 45 minutos após o abate (pH₄₅) e estimar a ocorrência de carcaças com predisposição a desenvolver a condição PSE em função de fatores relacionados ao manejo pré-abate de suínos em um abatedouro comercial.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

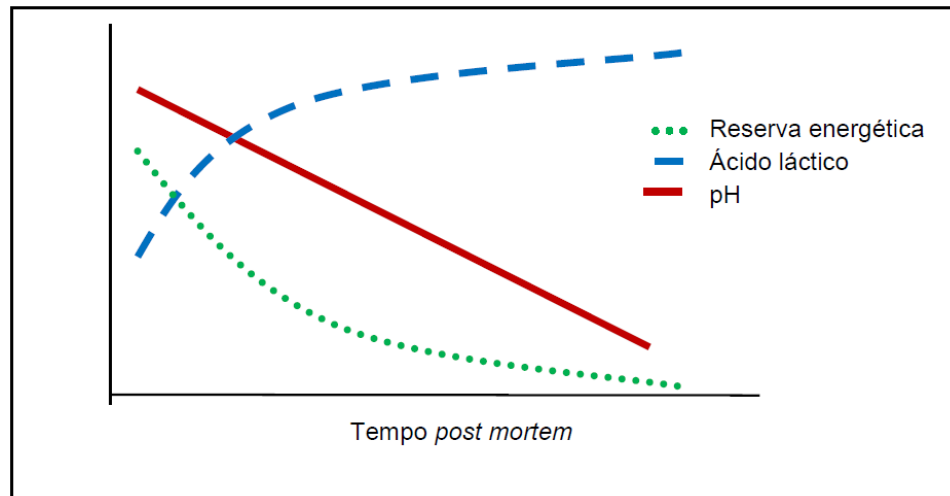
2.1 Abate e transformação do músculo em carne

O abate, segundo a legislação brasileira, é um processo intencional que provoca a morte do animal, cujos produtos serão destinados ao consumo humano (BRASIL, 2021). O aspecto determinante na produção da carne é a transformação do músculo em carne, ou seja, a conversão de tecido animal vivo em produto comestível. Essa conversão decorre de uma série de modificações bioquímicas e estruturais que ocorrem tendo em vista que as funções vitais do sistema muscular não cessam no momento da morte do animal (LAWRIE, 2005; PAREDI et al., 2012; WARRIS, 2000).

Após o abate, inicia-se uma série de processos que objetivam a manutenção da homeostase, momento este onde se cessa a circulação sanguínea, fazendo com que o oxigênio não seja mais transportado até o músculo. Desta forma, o glicogênio muscular que até então era fonte de energia antes do abate e usava oxigênio na formação de ATP, irá seguir a via glicolítica anaeróbica para gerar energia, e conseqüentemente, terá como produto final o ATP e o ácido láctico (GREGORY, 1998; LIMONI et al., 2017; WARRIS, 2000).

A velocidade de consumo de ATP e a velocidade de degradação do glicogênio e conseqüentemente da produção do ácido láctico estão correlacionadas (RAMOS et al., 2011). Com a interrupção da circulação do sangue, o ácido láctico não será levado até o fígado para ser metabolizado e assim, irá se acumular no tecido muscular provocando a queda do pH, conforme demonstrado pela Figura 1 (LAWRIE, 2005).

Figura 1- Alterações metabólicas durante a transformação do músculo em carne.



Fonte: Bridi e Silva (2013)

A ressíntese ineficiente de ATP pela glicólise anaeróbia não consegue manter o nível de ATP, resultando na formação de cadeias rígidas entre actina e miosina, a actomiosina. Nesse momento o músculo torna-se inextensível, ocorrendo o chamado *rigor mortis*. Normalmente, o valor de pH do músculo no momento do abate encontra-se entre 6,9 a 7,2 e se estabiliza após 24 horas do abate (pH₂₄), em torno de 5,5 a 5,8 (LAWRIE, 2005).

2.2 Curva de pH da carne no processo de instalação do *rigor mortis*

Uma das mudanças mais significativas durante a conversão do músculo em carne é a queda *post mortem* do pH já que a forma como essa acontece definirá a qualidade final da carne (RAMOS; GOMIDE, 2017). O pH da carne será determinado pela quantidade de ácido láctico produzido a partir da glicólise anaeróbia e isto pode ser comprometido se o glicogênio muscular for consumido pela inanição, fadiga ou medo do animal antes do abate (LAWRIE, 2005).

Músculos com uma alta taxa de metabolismo imediatamente antes do abate terão uma taxa mais rápida de utilização de glicogênio e declínio do pH após o abate do que os músculos com uma taxa de metabolismo mais lenta ou normal. Dessa forma, tanto a taxa quanto a extensão do declínio do pH têm grandes impactos na qualidade da carne (LONERGAN; PAGE, 2006).

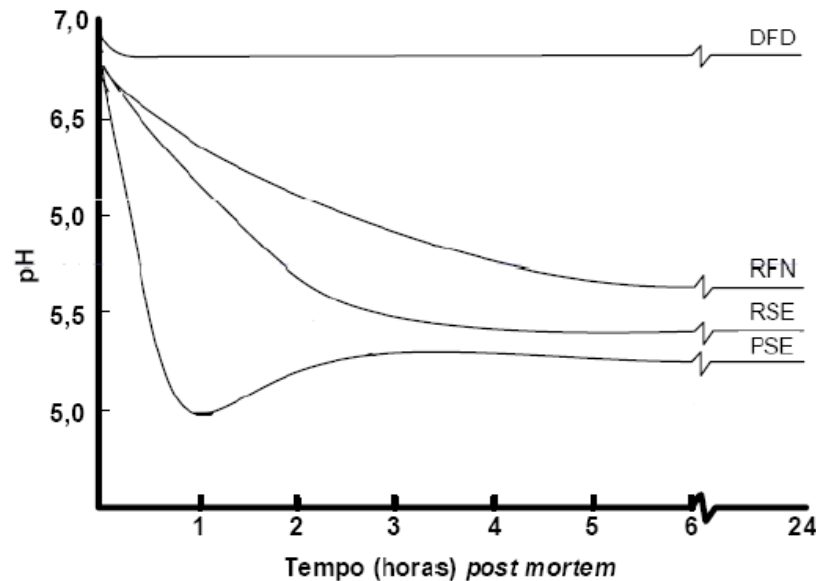
As fibras musculares brancas e vermelhas possuem diferença no conteúdo de mioglobina e conseqüentemente a concentração de oxigênio estocado no músculo é variável.

Maior concentração de mioglobina é observada em músculos com maior proporção de fibras vermelhas e por isso conseguem manter o mecanismo oxidativo por mais tempo apelando para o mecanismo anaeróbio mais tardiamente. Uma maior taxa de declínio do pH e valores de pH final mais baixos estão associados aos músculos com predominância de fibra branca, sendo exemplificados pelos músculos longo dorsal, semimembranoso, bíceps femural e glúteo médio (RÜBENSAM, 2000).

A queda do pH da carne é importante para retardar a proliferação de microrganismos, auxiliar na determinação de sabor e odor além de promover a maciez da carne (LUDTKE et al. 2010). O pH do músculo vivo é aproximadamente 7,0, já o da carne fresca, dependendo fundamentalmente da alimentação e dos procedimentos de manipulação antes do abate, pode variar de 5,3 a 6,5, faixa de pH favorável ao crescimento da maioria dos microrganismos. Diante da diminuição do pH, ocorre um decréscimo na velocidade de crescimento microbiano, afetando principalmente as bactérias, seguidas pelas leveduras e fungos. Valores de pH superiores a 6,0 favorecem a ação microbiana, dessa forma, a redução do pH do músculo é favorável para maior vida útil da carne (FEITOSA, 1999).

A qualidade da carne suína pode ser avaliada a partir de diversos critérios. A maioria dos critérios propostos na literatura sugere a cor, textura e exsudação como atributos para classificar a qualidade. Esses atributos estão relacionados com a aceitação pelos consumidores (FILHO et al., 2018). Para isso, um dos parâmetros que podem ser utilizados é o pH, que fornecerá um indicativo para a classificação da qualidade da carne. A partir disso, classifica-se como RFN (do inglês *Reddish-pink, Firm and Non exudative*), que são carnes com queda normal de pH, refletindo em características de cor rosa-avermelhado, textura firme e não exsudativo; RSE (do inglês *Reddish-pink, Soft and Exudative*), que são carnes que apresentam queda gradual do pH assim como a RFN, porém, com pH final muito baixo, sendo este próximo de 5,0, apresentando coloração rosa-avermelhado, macia e exsudativo. A carne RSE é classificada com qualidade de intermediária, já as carnes PSE (do inglês *Pale, Soft and Exudative*) e DFD (do inglês *Dark, Firm and Dry*) figuram-se entre as condições anômalas extremas. Quando a queda do pH ocorre de forma abrupta, isso poderá acarretar carnes com característica pálida, flácida e exsudativa (PSE), e quando existe uma menor queda do pH, carne escura, firme e seca (DFD), conforme demonstrado na figura 2 (CAZEDEY et al., 2016; MARZOQUE et al., 2020; RAMOS; GOMIDE, 2017; SILVA et al., 2014).

Figura 2- Curvas de queda de pH *post mortem* e características da carne



Fonte: Adaptado de Ramos e Gomide (2017)

Para a detecção de carne PSE, diferente da carne DFD, os valores de pH obtidos após 24 horas de abate não conferem nenhuma indicação. É comum ocorrer gradual elevação do pH da carne após 3 horas *post mortem* devido à liberação de amônia resultante da degradação de enzimas. Dessa forma, carnes classificadas como PSE podem apresentar pH final semelhante à carne RFN (Normal) e por isso é indicado a mensuração de pH após 45 minutos de abate para determinação de indicativo de carnes PSE (RAMOS et al., 2011).

Vários critérios são propostos para classificar a carne suína com relação à qualidade, no entanto, não há consenso sobre quais critérios devem ser utilizados. Uma mesma amostra pode ser classificada em categorias distintas de qualidade em função do critério utilizado, resultando em variação nas distribuições das frequências (CAZEDEY et al., 2016). A tabela 1 demonstra os critérios utilizados por diversos autores para classificar a carne em função dos valores de pH.

Tabela 1- Limites de valores de pH para carne PSE, Normal e DFD de acordo com alguns autores

| Classificação | Condição para ocorrência | Referências |
|-----------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| PSE | $pH_{45} < 5,8 / pH_{24} \leq 5,6$ | Bridi e Silva (2006); Marzoque et al. (2020). |
| | $pH_{45} < 6,0$ | Adzitey e Nurul (2011); Gregory (1998); Warris (2000). |
| | $pH_{45} < 5,8$ | Caldara et al. (2012). |
| | $pH_{45} < 5,8$ (PSE) | Jankowiak; Cebulska; Bocian (2021). |
| | $5,8 < pH < 6,0$ (semi-PSE) | |
| | $pH_{45} \leq 5,8$ | Castrillón et al. (2007); Santiago et al. (2012); Trevisan e Brum (2020). |
| | $pH_{45} < 5,9$ | Barton-Gade (1978); Culau et al. (1994); Rossi (2022). |
| Normal (RFN) | $pH_{45} \geq 5,8 / pH_{24} < 6,0$ | Bridi e Silva (2006); Marzoque et al. (2020). |
| | $pH_{45} \geq 5,8$ | Caldara et al. (2012) |
| | $5,9 < pH_{45} < 6,2$ | Castrillón et al. (2007) |
| | $pH_{45} > 5,8$ | Santiago et al. (2012); Trevisan e Brum (2020) |
| | $pH \geq 5,9$ | Barton-Gade (1978) |
| DFD | $pH_{24} > 6,0$ | Bridi e Silva (2006); Marzoque et al. (2020). |
| | $pH_{12-48} \geq 6,0$ | Adzitey e Nurul (2011); Warris (2000). |

Fonte: Adaptado de Adzitey e Nurul, 2011.

PSE – *Pale, Soft and Exudative*; RFN - *Reddish-pink, Firm and Non exudative*; DFD – *Dark, Firm and Dry*

O estresse que antecede o abate é a principal causa desencadeadora das anomalias na qualidade da carne, incluindo desde o manejo na granja, incluindo a seleção dos animais, embarque e transporte, até o manejo *ante mortem* no abatedouro. Entre os fatores *ante mortem*, temperaturas elevadas durante a criação, transporte e descanso no abatedouro podem influenciar no aumento da incidência de carne PSE (RAMOS; GOMIDE, 2017).

2.3 Implicações do pH sobre a qualidade da carne

A qualidade da carne, do ponto de vista tecnológico e sensorial, é oriunda de processos físicos e químicos envolvidos com a transformação do músculo em carne. Alguns fatores intrínsecos no músculo podem influenciar nessa transformação, tais como: a quantidade de energia no músculo no momento do abate, que pode ser influenciada pela forma de manejo pré-abate; a velocidade da glicogenólise *post mortem* e tamanho final dos sarcômeros (BRIDI; SILVA, 2013).

A importância de se conhecer as características de qualidade da carne atrela-se a garantia que estas subsidiam para a obtenção de produtos de melhor qualidade tecnológica, *in natura* ou processados, e com bom valor de mercado, que satisfazem o desejo de compra, preparo e consumo da carne suína pelo consumidor (SANTIAGO et al., 2012).

Contudo, fatores extrínsecos podem em suínos, quando submetidos a condições estressantes no manejo pré-abate, ocasionar modificações bioquímicas consideráveis que impactam na qualidade da carne. Dentre os fatores estressantes no manejo pré-abate pode-se citar a distância e tempo, densidade da carga, peso médio, tempos de jejum e descanso e temperatura da área de descanso (COBANOVIC et al., 2021; LUDTKE et al., 2010; MARZOQUE et al., 2020; SANTIAGO et al., 2012).

A ocorrência de curvas de queda de pH não usuais pode influenciar nas propriedades de cor, textura e retenção de água da carne, com reflexos na maciez, sabor, rendimento industrial e comercial, vida útil e valor nutricional (LIMONI et al., 2017; RAMOS; GOMIDE, 2017; SILVA et al., 2014). Os principais problemas associados a situação relatada, encontram-se discriminados a seguir.

✓ Carne PSE (*Pale, Soft and Exudative*)

A carne PSE é o problema mais frequente observado nas alterações *post mortem* em carcaças suínas. Quando o animal é submetido a um fator estressante nos momentos que antecedem o abate ou justamente no momento do abate, ocorre a liberação de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) e de cortisol, que aumentam a atividade da creatina fosfoquinase, que acelera o metabolismo e provoca ativação excessiva do músculo. Com o metabolismo acelerado ocorre rápida produção de ácido láctico e o pH cai bruscamente (BRIDI; SILVA, 2013; LIMONI et al., 2017; RAMOS; GOMIDE, 2017).

A associação de baixo pH e altas temperaturas na carcaça provocam a desnaturação protéica e por consequência, diminuição da capacidade de retenção de água que promove migração da água do interior da carne para sua superfície tornando-a mais clara e úmida que o normal, apresentando músculo pálido, flácido e exsudativo (CALDARA et al., 2012; MOURA et al., 2015).

Reservas elevadas de glicogênio e uma sensibilidade por parte do animal são, dentre outras causas, a predisposição para ocorrência de carne PSE. A maior susceptibilidade de algumas raças e/ou linhagens de suínos ao estresse foi amplamente associada à presença do gene halotano (LIMONI et al., 2017; WARRISS, 2000).

Para a indústria, as perdas associadas a esta anomalia impactam em rejeição dos cortes pelos consumidores visto que a carne PSE tem uma aparência menos atrativa. A alta exsudação ocasiona acúmulo elevado de líquido nas embalagens. Além disso, essa condição gera carnes cozidas menos suculentas e macias e menor rendimento em produtos cárneos processados, a exemplo de presuntos cozidos (ABCS 2016a; BRIDI; SILVA, 2013; RAMOS; GOMIDE, 2017; WARRISS, 2000).

✓ Carne DFD (*Dark, Firm and Dry*)

A anomalia denominada DFD, que corresponde a uma carne escura, firme e seca, ocorre quando o pH após 24 horas (pH₂₄) permanece alto, acima de 6,0. Este processo ocorre devido a reserva inicial de glicogênio ser baixa em decorrência de fatores estressantes no *ante mortem*, a exemplo da ocorrência de estresse prolongado e, maior tempo de jejum, não havendo tempo suficiente para recuperação do glicogênio muscular até o momento do abate. O consumo das reservas de glicogênio ocasiona a lentidão da glicólise, diminuindo a formação de ácido lático muscular, leva o pH a reduzir ligeiramente nas primeiras horas e depois se estabiliza (BRIDI; SILVA, 2013; GREGORY, 1998; LIMONI et al., 2017; VALADARES, 2018).

Em decorrência do pH alto, as proteínas musculares apresentam uma grande capacidade para reter água no interior das células e, como consequência, a superfície de corte do músculo permanece pegajosa e escura (LIMONI et al., 2017).

A carne DFD é rejeitada pelo consumidor quando vendida *in natura* devido a sua aparência escura e é inadequada para a produção de produtos maturados uma vez que é mais susceptível à multiplicação microbiana, no entanto, ela é muito útil para a produção de produtos cozidos, como salsichas e presuntos, por aumentar o rendimento tecnológico, perdendo menos água durante seu processamento (ABCS 2016a; BRIDI; SILVA, 2013; RAMOS; GOMIDE, 2017).

Estudos tem sido realizados para investigar os efeitos da utilização de carnes de qualidade indesejável na elaboração de produtos cárneos e de modo geral, o aproveitamento da carne DFD é menos problemático do que a carne PSE no processamento de produtos cárneos (RAMOS; GOMIDE, 2017). A tabela 2 apresenta as propriedades e fins tecnológicos das carnes PSE e DFD.

Tabela 2- Propriedades e fins tecnológicos das carnes PSE e DFD

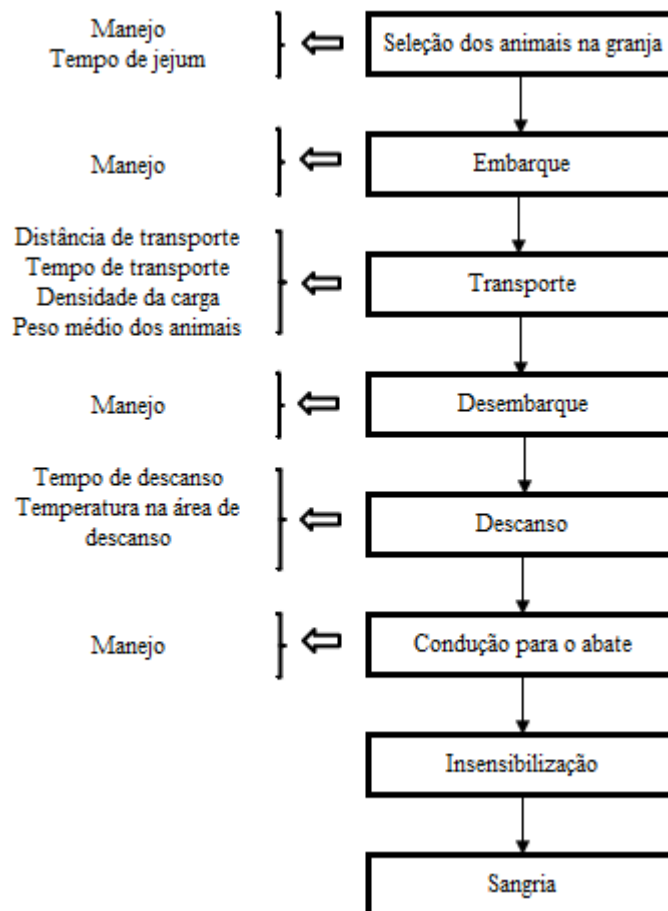
| Propriedades | PSE | DFD |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capacidade de retenção de água | <p>Maior perda por gotejamento na carne fresca (1 a 4% mais alta);</p> <p>Maior depósito de gelatina e gordura nos produtos emulsionados (3 a 5% mais alto);</p> <p>Menor rendimento para presunto cozido (3 a 6% mais baixo);</p> <p>Perdas de peso variando entre 2 e 6% em produtos assados e grelhados;</p> <p>Menor fatiabilidade dos produtos curados cozidos</p> | <p>Menor perda por gotejamento na carne fresca;</p> <p>Maior rendimento em função da menor exsudação durante o tratamento térmico;</p> <p>Os produtos se apresentam mais suculentos e macios.</p> |
| Absorção dos ingredientes de cura | <p>Aumento na absorção do sal e na alteração na cor curada, que se apresenta esbranquiçada</p> | <p>Redução na absorção de sal em porções musculares maiores;</p> <p>Pouco desenvolvimento e retenção da cor curada.</p> |
| Características sensoriais | <p>Sabor ácido acentuado</p> | <p>Ausência de sabor ácido;</p> <p>Sabor menos intenso e característico.</p> |
| Vida útil | <p>Redução da vida útil em função da exsudação da carne fresca;</p> <p>Maior suscetibilidade à oxidação lipídica.</p> | <p>Redução da vida útil tanto para a carne fresca quanto para produtos industrializados.</p> |

Fonte: Adaptado de Ramos e Gomide, 2017.

2.4 Fatores que podem influenciar na qualidade da carne

A qualidade tecnológica da carne pode ser influenciada por diversos fatores e inúmeros autores mostraram que as condições de manejo pré-abate geram impacto significativo em virtude das alterações fisiológicas que os animais podem manifestar no metabolismo muscular (BRIDI; SILVA, 2013; DALLA COSTA et al., 2021; LUDTKE et al., 2010; SALMI et al., 2012). A figura 3 mostra o fluxograma das etapas de manejo pré-abate e as variáveis que podem influenciar na qualidade da carne em cada etapa.

Figura 3 - Fluxograma das etapas do manejo pré-abate e variáveis que podem influenciar na qualidade da carne



Fonte: Do autor (2022)

2.4.1 Manejo pré-abate de suínos

A qualidade da carne suína está relacionada com o manejo pré-abate, que pode ser compreendido como o conjunto de operações do embarque na propriedade de origem até a contenção para a insensibilização (BRASIL, 2021). Essas operações devem ser realizadas com o mínimo de excitação e desconforto levando em conta a interação entre animais, instalações e pessoas. Caso contrário, o estresse e sofrimento dos animais irá acarretar diferenças de sabor, textura e aparência da carne, com consequências na capacidade de retenção de água, cor e pH (LUDTKE et al., 2010; MARZOQUE et al., 2020).

Neste contexto, algumas medidas de manejo devem ser adotadas para que não ocorra comprometimento do trabalho realizado durante o processo produtivo. A primeira delas, após a seleção dos animais na granja, é o jejum. O tempo de jejum compreende desde a retirada de alimentação sólida na granja até o momento de abate, sendo essencial que os animais tenham livre acesso à água neste período. O jejum objetiva atender critérios higiênico-sanitários uma vez que reduz o conteúdo gastrointestinal e conseqüentemente, o risco de contaminação durante a etapa de evisceração além de reduzir a taxa de mortalidade durante o transporte (LUDTKE et al., 2010).

O Ofício circular 11 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2009) define a possibilidade de aceitação do cumprimento de 6 horas de jejum sendo que haverá o mínimo de 3 horas nas granjas de terminação e durante o transporte, desde que comprovado no boletim sanitário, e mínimo de 3 horas nas instalações de abate (bairros de descanso) (BRASIL, 2009). A Portaria 365 do MAPA (BRASIL, 2021) definiu o limite máximo de 18 horas de jejum para suínos.

O jejum pode resultar em alguns benefícios econômicos (economia de ração para o produtor), ambiental (redução de resíduos no abatedouro), bem-estar animal (diminuição da mortalidade durante o transporte) e segurança alimentar (minimizando o risco de contaminação da carcaça por rupturas gastrintestinais) (GIRALDO et al., 2020; RIERA et al., 2012). Por outro lado, o tempo de jejum prolongado pode influenciar no comportamento de brigas, perda de peso dos animais, incidência de úlceras além de prejuízos na qualidade da carne, a exemplo da carne PSE uma vez que o estresse fisiológico pode elevar a excreção de hormônios que exacerbam a atividade muscular sobre o gasto de glicogênio do músculo (ABCS, 2014a, ABCS, 2016a).

Riera et al. (2012) estudaram os efeitos de diferentes períodos de jejum na granja (0 ou 12 horas) e tempos de descanso no frigorífico (0 ou 12 horas) sobre a qualidade da carne. Entre outros parâmetros, foram mensurados o pH₄₅ e pH₂₄ nos músculos *Semimembranosus* e

Longissimus thoracis, perda por gotejamento e cor. Amostras do músculo LT foram coletadas 24h *post mortem*, para determinar as perdas por gotejamento (DRIP). Os lombos foram classificados de acordo com as seguintes categorias: pálida, macia e exsudativa (PSE); vermelha, macia e exsudativa (RSE); pálida, firme e exsudativa (PFN); vermelha, firme e não exsudativa (RFN) e escuro, firme e seco (DFD). Foi observada interação significativa do jejum e tempo de descanso no pH₄₅ no músculo *Semimembranosus* já que tempos de jejum e descanso de 12 horas aumentaram o pH₄₅. Além disso, animais submetidos a tempo de jejum 12 horas e descanso de 12 horas tiveram carnes com menor ocorrência de exsudação.

Ludtke et al. (2010) ressaltam que tempo de jejum acima de 24 horas promove gasto excessivo de energia e perda no rendimento da carcaça assim como pode provocar aumento nos valores de pH final (24 horas *post mortem*), interferindo na qualidade da carne. Segundo Dalla Costa et al. (2010), suínos que tiveram jejum de 15 horas apresentaram maiores valores de pH inicial.

Giraldo et al. (2020) avaliaram os tempos de jejum total de 3 a 34 horas, sendo 2 horas referentes ao transporte, e identificaram que o jejum total teve efeitos significativos nos valores de pH, cor e capacidade de retenção de água da carne ($P < 0,01$), concluindo assim que o jejum não deve ser superior a 12 horas visando o bem-estar animal e melhor qualidade instrumental da carne.

O transporte é a próxima etapa do manejo pré-abate de suínos e requer cuidados adequados, com destaque para os procedimentos de manejo durante o embarque e desembarque que promovem condições estressantes devido à maior interação com o homem, às mudanças de ambiente e à dificuldade de deslocamento dos animais sobre rampas do embarcadouro e desembarcadouro. O embarque deve ser previamente planejado definindo-se: data e hora do transporte, quantidade de animais e lotes que serão enviados ao abate, verificando quais animais estão em condições de serem embarcados através da identificação de problemas que possam dificultar o manejo (DALLA COSTA et al. 2012; DALLA COSTA et al., 2021).

Por ser considerado um momento atípico para os suínos, o embarque deve ser iniciado somente após a verificação de todas as documentações necessárias para o transporte dos animais da granja ao frigorífico. Esse procedimento objetiva evitar transtornos durante a viagem e na chegada ao frigorífico que podem gerar atrasos no transporte e desembarque, ocasionando estresse enquanto os animais permanecem no caminhão parado (ABCS, 2016b; DIAS et al., 2011).

Para a operação de embarque é indicado utilizar mão de obra treinada e qualificada e pode-se utilizar alguns equipamentos de manejo tais como tábua de manejo e/ou lona, chocalhos

/ remos, vassoura de condução ou bandeira. Esses equipamentos podem tornar a tarefa mais fácil, rápida e segura visto que o estresse provocado durante o embarque pode afetar consequentemente afetar a qualidade da carne. Sendo esse efeito resultante da combinação de diferentes fatores que incluem as características das instalações, tamanho do grupo e forma de manejo. Deve-se evitar o uso de bastões elétricos ou outros instrumentos que possam causar ferimentos aos animais (ABCS, 2016b; DALLA COSTA et al, 2012).

Após o embarque, realiza-se a etapa de transporte propriamente dito, que, de acordo com Dalla Costa et al. (2010) e Ludtke et al. (2009), constitui uma situação estressante para os suínos já que estes ficam expostos a fatores tais como barulho, cheiros diferentes, vibrações, mudanças de velocidade brusca do caminhão, variação de temperatura ambiental entre outros. A densidade do transporte deve permitir que o suíno permaneça sentado e/ou deitado com intuito de recuperar da fadiga sofrida no embarque. Os institutos de pesquisa, instituições de ensino e agroindústrias brasileiras estão de acordo com as recomendações de densidade de transporte preconizada pela Comissão Européia a qual adota 235 kg/m² ou 0,425 m²/suíno de 100 kg, podendo variar 20% para mais ou para menos de acordo com as condições climáticas da região e época do ano (ABCS, 2016b), densidade esta semelhante às recomendadas por Dalla Costa et al. (2007).

Cobanovic et al. (2021) avaliaram os efeitos das condições climáticas (climas quente e frio), tempo de transporte (curto – granja A e longo – granja B) e densidade de carregamento (0,29 a 0,58 m²/ 100 kg, em função do peso vivo e do número de suínos no caminhão) sobre os parâmetros de qualidade da carne de suínos. Entre outros parâmetros, foram avaliados o pH e a temperatura de carcaças. As medidas foram realizadas aos 45 min, 24 e 72 h *post mortem* no lado esquerdo da carcaça no músculo *Longissimus dorsi*. Os suínos expostos a transportes curtos (~ 20 min) em alta densidade de carregamento (0,29 m²/ 100 kg) durante as condições de clima quente produziram carne com o menor valor de pH inicial e final da carne, cor mais clara e a maior ocorrência de carne PSE. A ocorrência de carne PSE foi reduzida em 5 vezes durante as condições de clima quente quando os suínos foram expostos a um transporte mais longo (~ 210 min) e baixa densidade de carregamento (0,53 m²/100 kg). Suínos expostos a transporte curto (~ 20 min) em alta densidade de carregamento (0,41 m²/100 kg) durante as condições de clima frio produziram carne suína de maior qualidade (maior porcentagem de carne vermelha, firme e não exsudativa). As maiores porcentagens de danos na carcaça foram registradas em suínos expostos a baixa (0,50 m²/100 kg) e alta (0,33 m²/100 kg) densidade de carga durante o transporte longo (~ 210 min) em climas frios. Em conclusão, os autores

afirmaram que as condições climáticas e a densidade de carregamento são de maior importância para a qualidade da carne suína do que o tempo de transporte.

Marzoque et al. (2020) ao avaliarem o efeito da distância de transporte sobre o pH observaram a incidência de carne com pH inicial (pH_{45}) $<5,8$ em 11%, 4% e 1% dos animais transportados por distâncias de 25 a 65 km, 340 km e 427 km, respectivamente. Considerando o $\text{pH}_{45} <5,8$ como indicativo para classificação de carne PSE (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2013), os autores concluíram que animais transportados por curtas distâncias (25 - 65km) estão mais propensos a desenvolver carne PSE quando comparados às demais distâncias (340 e 427 km). Este trabalho está de acordo com Pérez et al. (2002) os quais mensuraram o pH aos 20 min, 2 h e 24h após abate em suínos transportados em dois diferentes tempos, 15 min e 3 h, e encontraram menores valores de pH nas carcaças dos suínos que passaram pelo menor tempo de transporte. Dessa forma, os autores concluíram que suínos submetidos a transporte curto mostraram uma resposta ao estresse mais intensa e pior qualidade da carne do que suínos submetidos a transporte moderadamente longo.

O desembarque dos animais deve ocorrer assim que o caminhão chega ao frigorífico. O procedimento de desembarque deve acontecer de forma calma por operadores que sejam capacitados para as boas práticas de manejo tendo em vista que o ponto crítico desta etapa é a ocorrência de escorregões e quedas (ABCS, 2016a). De acordo com Ludtke et al. (2010), durante o desembarque o ideal é que os suínos não encontrem inclinações, caso contrário, estas devem ser de no máximo 15 graus já que inclinações muito acentuadas dificultam o manejo e aumentam o risco de ocorrerem escorregões e quedas, acarretando problemas nas carcaças. Os mesmos autores recomendam o uso de chocalhos e/ou ar comprimido para estimular os animais a saírem do caminhão.

Após o desembarque, os suínos devem passar por período de descanso, que é de suma importância para que os animais se recuperem do estresse físico e emocional ocorrido no transporte (LUDTKE et al., 2010). Durante esse período, o fornecimento de água aos suínos deve ser constante, de forma que pelo menos 15% dos animais de cada baia possam beber água simultaneamente (BRASIL,1995). O benefício de dar aos suínos um tempo de descanso entre o transporte e o abate pode ser perdido se os animais forem sujeitos ao manejo inadequado e condições ambientais estressantes (temperatura, umidade relativa do ar e ruídos) na área de descanso (CENTURIÓN, 2012).

Durante o verão é esperada alta ocorrência de carne PSE devido às flutuações de temperatura, que resultam em fatores estressantes, maior temperatura muscular e prejuízos na qualidade da carne (DALLA COSTA et al., 2007; GAJANA et al., 2013; GUÀRDIA et al.,

2004; MUN et al., 2022). A suscetibilidade de suínos ao estresse térmico deve-se à presença de glândulas sudoríparas queratinizadas e ao isolamento da pele proporcionado pela gordura subcutânea, o que dificulta a regulação de temperatura corporal (RIVAS et al., 2019).

A temperatura ambiente, entre outros fatores climáticos, causa estresse térmico. Em resposta ao estresse térmico, os animais sofrem mudanças biológicas que envolvem respostas adaptativas comportamentais e fisiológicas visando manter a homeostase. Em resposta ao estresse adrenérgico, ocasionado pela exposição ao calor extremo combinado à alta umidade, a adrenalina estimula vasodilatação periférica e glicogenólise muscular, provocando aumento dos níveis de lactado e glicose na corrente sanguínea desencadeando temperatura corporal mais alta e pH mais baixo. Diante disso, a carne obtida de suínos abatidos no verão teve menores valores de pH₄₅ e pH₂₄ e capacidade de retenção de água (COBANÓVIC et al., 2020).

Temperaturas ambientes elevadas no dia do abate provocaram diminuição do pH inicial e aumento da frequência de carcaças PSE (COBANÓVIC et al., 2020; CULAU et al., 1993).

O período de descanso ótimo depende da logística do estabelecimento e da intensidade do estresse sofrido durante o manejo pré-abate (SANTIAGO et al., 2012). O tempo de descanso deve levar em consideração que após um período de duas a quatro horas os animais começam a interagir com os demais do grupo dando sinais de recuperação. Longos períodos de descanso podem comprometer o bem estar e a qualidade da carne já que os animais tendem a interagir e estabelecer nova hierarquia social, ocasionando brigas devido à presença de animais dominantes no grupo. Como consequência, tem-se gasto excessivo de energia. Diante do exposto, não é recomendado misturar lotes de animais nas baias de descanso visto que este procedimento prejudica o bem estar animal (ABCS 2016a; LUDTKE et al., 2010).

As baias de descanso devem apresentar espaço suficiente para que os animais possam expressar comportamentos básicos como levantar, deitar, virar e andar. A Portaria 711 (BRASIL, 1995) preconiza a densidade da baia de espera de 0,6 m²/suíno até 100 kg, o que também é recomendado por ABCS (2016a). Nos Estados Unidos, para a mesma categoria de animais, é adotada a densidade de 0,5 m²/suíno enquanto na União Européia aplica-se 0,55 a 0,67 m²/suíno (LUDTKE et al., 2010).

Köhler e Freitas (2005) ao estudarem o efeito do tempo de permanência 3 e 9 horas dos animais nas baias de descanso do frigorífico sobre a qualidade da carne suína, não observaram diferenças estatísticas (p<0,05) entre os tratamentos avaliados mensurando o pH₄₅ e pH₂₄ no músculo *Semimembranosus*.

A influência do tempo de descanso dos animais no frigorífico na qualidade da carne foi estudada por alguns autores, que verificaram maiores valores de pH inicial com maiores tempos de descanso (COBANÓVIC et al., 2016; DRIESSEN et al., 2020).

Santiago et al. (2012) realizando a avaliação para incidência de carne PSE em suínos em razão do tempo de descanso pré-abate, verificaram maior incidência de carne PSE nos animais em que o período de descanso variou entre 12 e 14 horas. Os mesmos autores afirmaram ainda que, animais submetidos ao período de descanso superior a 14 horas tiveram aumento significativo do pH₄₅, com redução da incidência de carne PSE. Os períodos de descanso adequados podem possibilitar a recuperação dos animais do estresse físico e emocional ocorrido no transporte, restabelecendo o equilíbrio homeostático.

Culau et al. (1993) avaliaram o efeito da distância de transporte e tempo de descanso sobre a incidência de carnes suínas PSE e DFD. Os autores caracterizaram como PSE as carnes com pH inicial < 6,0 e como DFD as carnes com pH final ≥ 6,0. Foram comparadas quatro distâncias de transporte da granja ao frigorífico (10, 45, 80 e 115 km) e dois tempos de descanso (6 e 24 horas). As mensurações de pH foram realizadas aos 45 minutos e 18 horas após o abate nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*. Os autores concluíram que as distâncias de transporte de até 115 km não foram suficientemente longas para afetar significativamente os pH inicial e final. O aumento do tempo de descanso de 6 para 24 horas não aumentou significativamente a média de pH inicial e não diminuiu significativamente a frequência de carne PSE, mas aumentou significativamente a média de pH final e a frequência de carcaças DFD (P < 0,05).

Trevisan e Brum (2020) avaliaram a incidência de carne PSE em função de fatores de manejo pré abate tais como: tempo de descanso, tempo de jejum total e anterior ao carregamento e tempo de transporte, realizando a mensuração do pH₄₅. Todas as variáveis avaliadas tiveram influência significativa (p < 0,05) no pH₄₅, bem como na incidência de carnes PSE. Houve aumento no pH₄₅ e redução na incidência de carcaça de PSE, quando o tempo de descanso foi entre 04h01 e 7 horas (7,07%). Para o tempo de jejum total, houve uma menor incidência de carcaças de PSE quando o tempo foi entre 14h01 às 17 horas. Para o tempo de jejum anterior ao carregamento, houve uma menor incidência de PSE nas carcaças quando o tempo era entre 03h01 às 5h. No caso do tempo de transporte, houve menor incidência de carcaças PSE quando o tempo era entre 02h01 a 3h.

Castrillón, Fernández e Restrepo (2007) avaliaram a incidência de carne PSE em carcaças suínas em função de diversos parâmetros, dentre eles: tempo de jejum, peso vivo, tempo de transporte, densidade e tempo de descanso. Os autores observaram correlação

significativa ($p < 0,01$) entre o pH_{45} sobre a densidade e tempo de descanso. O tempo de transporte apresentou correlação significativa ($p < 0,05$). Os autores concluíram através deste trabalho que a condição de carcaça PSE não é unicausal, ou seja, diversos fatores podem estar envolvidos nesta anomalia.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A carne suína apresenta grande representatividade global, sendo a mais consumida no mundo. Diante desse panorama, torna-se imprescindível a busca por produtos que atendam os quesitos de qualidade tecnológica. Sabe-se que o estresse no manejo pré abate de suínos pode desencadear alterações bioquímicas que podem impactar na qualidade da carne. Nesse manejo encontram-se diversos fatores, tais como as variáveis do presente estudo (distância de transporte, tempo de transporte, densidade da carga, tempo de jejum, tempo de descanso, peso médio, temperatura média e máxima na área de descanso) que podem impactar em alterações significativas. O estudo das etapas do manejo pré-abate e sua influência nos padrões de qualidade da carne torna-se necessário para garantia de um produto tecnologicamente adequado, evitando perdas econômicas para a indústria da carne. Na prática, a mensuração do pH aos 45 minutos após o abate pode fornecer um indicativo do impacto dos fatores pré-abate em outros parâmetros associados a qualidade da carne como cor, textura, capacidade de retenção de água e conservação.

4. REFERÊNCIAS

ABCS. **Bem-estar animal na produção de suínos: frigorífico**. 38p. Brasília – DF, ABCS: Sebrae, 2016a.

ABCS. **Bem-estar animal na produção de suínos: transporte**. 38p. Brasília – DF, ABCS: Sebrae, 2016b.

ABCS. Manual de Industrialização dos Suínos. 378p. Brasília – DF, ABCS: 2014.

ADZITEY, F.; NURUL, H. *Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences-a mini review*. **International food research journal**, v. 18, n. 1, 2011.

BARTON-GADE, P. A. *Some experience on measuring the meat quality of pig carcasses*. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 28, n. sup21, p. 61-70, 1978.

BRASIL. Portaria n° 711, de 1° de novembro de 1995. Aprova as Normas Técnicas de Instalações e Equipamentos para Abate e Industrialização de Suínos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF.

BRASIL. Ofício Circular n° 011, de 20 de julho de 2009. Suínos – Retirada da ração e descanso regular pré-abate. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF.

BRASIL. Portaria n° 365, de 16 de julho de 2021. Aprova o Regulamento Técnico de Manejo Pré-abate e Abate Humanitário e os métodos de insensibilização autorizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial da União**: seção 1- Extra A | Página: 1 Brasília, DF.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de Avaliação da Carcaça e da Carne Suína**. 1ª ed. Londrina: MIDIOGRAF, v. 1, p.97, 2006.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. Qualidade da carne suína e fatores que a influenciam. **VI Simpósio Brasil Sul de Suinocultura**, Chapecó, SC, 2013.

CALDARA, F. R. et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.3, p.815-824 jul./set., 2012

CASTRILLÓN, W.E.; FERNÁNDEZ, J.A.; RESTREPO, L.F. *Variables asociadas con la presentación de carne PSE (Pálida, Suave, Exudativa) en canales de cerdo*. **Rev. Col. Cienc. Pec.**, v. 20, p.327-338, 2007.

CAZEDEY, H. P. et al. *Comparison of different criteria used to categorize technological quality of pork*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.12, p.2241-2248, dez, 2016

CENTURIÓN, R. A. O. Ambiente térmico e bem-estar de suínos no período de descanso pré-abate. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Da Grande Dourados. Dourados - MS, 2012.

COBANOVIC, N. et al. *Effects of various pre-slaughter conditions on pig carcasses and meat quality in a low-input slaughter facility*. **South African Journal of Animal Science**, v. 46, n. 4, p. 320-390, 2016.

COBANOVIC, N. et al. *The effects of season on health, welfare, and carcass and meat quality of slaughter pigs*. **International Journal of Biometeorology**, 2020.

COBANOVIC, N. et al. *Combined effects of weather conditions, transportation time and loading density on carcass damages and meat quality of market-weight pigs*. **Arch. Anim. Breed.**, 64, 425–435, 2021.

CULAU, P. O. V. et al. *Incidence of PSE in commercial pig carcasses in Rio Grande do Sul State, Brazil*. **Boletim Técnico da Associação Sul Brasileira das Indústrias de Produtores de Suínos**, Porto Alegre, 1994.

CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. R.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito do manejo pré-abate sobre a incidência de PSE e DFD em suínos. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 1 (2): 139-146 (1993). Porto Alegre – RS

DALLA COSTA, O. A. et al. "Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs." **Livestock Science**, v.107, n. 1, p. 29-36, 2007.

DALLA COSTA, O. A. et al. Efeito das condições pré-abate sobre a qualidade da carne de suínos pesados. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 391-402, 2010.

DALLA COSTA, O. A. et al. Boas práticas no embarque de suínos para abate. **Documentos 137** - Embrapa Suínos e Aves, Concórdia – SC, 2012.

DALLA COSTA, O. A. et al. Transporte Legal – Suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2021.

DIAS, A. C. et al. Manual Brasileiro de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos. Brasília, DF: ABCS; MAPA; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 140p.

DRISSEN, B.; FRESON, L.; BUYSE, J. *Fasting Finisher Pigs before Slaughter Influences Pork Safety, Pork Quality and Animal Welfare.* **Animals** 2020, 10, 2206; doi:10.3390/ani10122206

EMBRAPA. Abate de suínos no Brasil. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/mapas>>. 2021. Acesso em: 19 set. 2022.

EMBRAPA. Qualidade da carne suína. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-suina>>. Acesso em: 19 set. 2022.

FEITOSA, T. Contaminação, conservação e alteração da carne. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1999. 24p. (Embrapa-CNPAT. Documentos, 34).

FILHO, R.A.T. et al. *Classification of pork quality by hierarchical cluster analysis.* **British Food Journal**, 2018.

GIRALDO, J. D. A.; 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** 167 (2020).

GOMIDE, L. A. de M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e Qualidade da Carne – Série Didática: Fundamentos.** Viçosa: Editora UFV, 2013, 1ª edição. 197p.

GUÀRDIA, M. D. 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.

GREGORY, N. G. **Animal welfare and meat Science.** University Press, Cambridge, UK. CABI Publishing. 1998, 305p.

JANKOWIAK, H. CEBULSKA, A.; BOCIAN, M. *The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of polish white breed pigs.* **European Food Research and Technology**, v. 247, n. 11, p. 2813-2820, 2021.

KÖHLER, R.G.; FREITAS, R.J.S. Qualidade da carne suína após dois tempos de descanso no frigorífico. *Archives of Veterinary Science*, v. 10, n. 1, p. 89-94, 2005.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005, 6ª edição. 384p.

LONERGAN, E. H., PAGE, J. *The Role of Carcass Chilling in the Development of Pork Quality*. **National Pork Board/ American Meat Science Association Fact Sheet**. U.S. Pork Center of Excellence, 2006.

LIMONI, B. H. de S. et al. Influência do pH na qualidade da carne. **Anais da X Mostra Científica FAMEZ / UFMS, CAMPO GRANDE - MS, 2017**.

LUDTKE, C. B. et al. Bem-Estar animal no transporte de suínos e sua influência na qualidade da carne e nos parâmetros fisiológicos do estresse. **Comunicado Técnico 475 - Embrapa, Concórdia - SC, 2009**.

LUDTKE, C. B. et al. **Abate humanitário de suínos**. 132p. Rio de Janeiro - RJ: WSPA, 2010.

MARCON, A. V. **Qualidade da carne de suínos submetidos a diferentes métodos de insensibilização no abate**. 2017. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS, 2017.

MARZOQUE, H. J. et al. *Evaluation of pH in swine carcasses regarding on the transport distance of the animals: a case study*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.

MOURA, J. W. F. et al. Fatores Influenciadores na Qualidade da Carne Suína. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.17, n.1, p.18-29, 2015

MUN, H. S. et al. *Effect of ambient temperature on growth performances, carcass traits and meat quality of pigs*. **Journal of Applied Animal Research**. vol. 50, n. 1, 103–108, 2022.

PAREDI, G. et al. “Muscle to meat” molecular events and technological transformations: the proteomics insight. **Journal of proteomics**, v. 75, n. 14, p. 4275-4289, 2012.4

PÉREZ, M. P., et al. *Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs*. **Meat Science**, v. 61, n. 4, p. 425–433, 2002.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. de M. **Avaliação da Qualidade de Carnes: Fundamentos e Metodologias**. 2 ed. rev. e ampl. -Viçosa, MG: Editora UFV, 2017.

RAMOS et al. Ciência, obtenção e tecnologia da carne. Curso de Pós graduação “Lato sensu” (Especialização à distância) – Processamento e Controle de Qualidade de Carne, Leite e Ovos. Lavras: UFLA/FAEPE, 201p., 2011.

RIERA, N. P. et al. *Effect of feed deprivation and lairage time on carcass and meat quality traits on pigs under minimal stressful conditions*. **Livestock Science** 146 (2012) 29–37

RIVAS, P. A. G. et al. *Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review*. **Meat Science**, 2019.

ROSSI, G. A. M. **Qualidade, tecnologia e inspeção de carnes**. São Paulo: Medvet, 2022.

RÜBENSAM, J. M. Transformações *post mortem* e qualidade da carne suína. **1ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína**. Concórdia, SC, 2000.

SALMI, B. et al. *Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on four attributes of pork meat quality*. **Meat Science** 90 (2012) 584–598.

SANTIAGO, J. C. et al. Incidência da carne PSE (*pale, soft, exsudative*) em suínos em razão do tempo de descanso pré-abate e sexo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.6, p.1739-1746, 2012.

SILVA, T. C. F. et al. Influência dos sistemas de criação siscal e convencional sobre os valores de pH da carne suína. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 1216-1224, 2014.

TREVISAN, L.; BRUM, J. S. *Incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork meat in reason of extrinsic stress factors*. An **Acad Bras Cienc**, v 92, 2020.

VALADARES, H. L. B. **Revisão de literatura: Características físico-químicas e sensoriais da carne suína e fatores que influenciam a sua qualidade**. 2018. 46p. Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA, 2018.

WARRISS, P. D. *Meat science: an introductory text*. School of Veterinary Science. University of Bristol. UK. CABI Publishing. 2000, 320p.

CAPÍTULO 2

1 **Influence of pre slaughter factors in pigs on initial pH and temperature: A case study**

2 **Influência de fatores do pré-abate de suínos sobre o pH inicial: Estudo de caso**

3 **Pollyana Figueiredo Alves de Souza¹; Amanda Carolina de Souza Amador²; Fabio**

4 **Raphael Pascoti Bruhn³; Peter Bitencourt Faria¹**

5 **SUMMARY**

6 This study was carried out with the objectives of evaluating factors associated with the
7 preslaughter handling of pigs in a commercial slaughterhouse located in Minas Gerais and
8 evaluating the influence of these factors on the initial pH and temperature of the carcasses. In
9 all, 4449 carcasses were evaluated. The factors considered in the evaluation were transport
10 distance, transport time, load density, fasting time, resting time, average weight of the animals,
11 average temperature in the resting area, and maximum temperature in the resting area. To
12 evaluate the effects of these factors, the temperature and initial pH at 45 minutes (pH₄₅) were
13 measured. The pH values₄₅ were considered to determine the predisposition index for the
14 occurrence of PSE; the carcasses were classified as PSE when they presented a pH value₄₅ <
15 5.90. The results showed that fasting and average temperature in the resting area influenced the
16 number of carcasses predisposed to the occurrence of PSE meat. Animals fasted for more than
17 24 hours presented a higher probability for the occurrence of PSE meat (1.41 times), as did
18 animals that were exposed to an average temperature above 24 °C, for which the probability
19 was 1.52 times higher. The other parameters evaluated showed no significant influence
20 regarding a predisposition to the occurrence of PSE.

21 **Keywords:** preslaughter management, pH, PSE.

22 ¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brasil, E-mail: peter@ufla.br.

23 ² Nutrili Indústria e Comércio de Carnes Ltda, Departamento Técnico, CEP 37200-000, Lavras,
24 MG, Brasil.

25 ³ Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Faculdade de Veterinária, Departamento de
26 Veterinária Preventiva, Pelotas, RS, Brasil.

1 RESUMO

2 O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar fatores associados ao manejo pré-abate de
3 suínos em um abatedouro comercial localizado em Minas Gerais e sua influência sobre o pH
4 inicial e temperatura das carcaças. Ao todo, foram avaliadas 4449 carcaças. Os fatores
5 considerados na avaliação foram: distância de transporte, tempo de transporte, densidade da
6 carga, tempo de jejum, tempo de descanso, peso médio dos animais, temperatura média na área
7 de descanso e temperatura máxima na área de descanso. Para avaliar os efeitos desses fatores
8 foram mensurados a temperatura e o pH inicial aos 45 minutos (pH_{45}). Os valores de pH_{45} foram
9 considerados para determinar o índice de predisposição para ocorrência de PSE já que as
10 carcaças foram classificadas como PSE quando apresentaram valor de $\text{pH}_{45} < 5,90$. Os
11 resultados encontrados mostraram influência do jejum e temperatura média na área de descanso
12 na incidência de carcaças com predisposição a ocorrência de carnes PSE. Os animais com
13 tempo de jejum acima de 24 horas, apresentaram maior probabilidade para ocorrência de carne
14 PSE (1,41 vezes), assim como, os animais que foram expostos a temperatura média acima de
15 24°C , a probabilidade é 1,52. Os demais parâmetros avaliados não mostraram influência
16 significativa em relação a predisposição para a ocorrência de PSE.

17 **Palavras-chave:** manejo pré-abate, pH, PSE.

18 INTRODUCTION

19 Pork is the most consumed source of animal protein worldwide, and Brazil ranks [fourth](#)
20 in pork production and exports. The quality of pork has a multifactorial approach, with aspects
21 that include sensory quality, nutritional value and technological quality. The development of
22 technological solutions related to the management, feeding and nutrition of animals, combined
23 with their genetic characteristics, directly influences the composition of the meat and the
24 biochemical changes inherent to the transformation of muscle into meat, which impact the

1 sensory characteristics, nutritional value, losses during preparation or industrialization and the
2 stability of products during shelf life (EMBRAPA, 2022; RAMOS & GOMIDE, 2017).

3 Preslaughter handling stands out as a major influencer on the technological quality of
4 meat (DOKMANOVIC et al., 2014; DRISSEN et al., 2020; SALMI et al., 2012) and several
5 authors have noted that stressful factors trigger muscle biochemical modifications, which
6 manifest themselves in quality defects, resulting in a product with altered physical, chemical
7 and sensory properties (GARCÍA-CELDRÁN et al., 2012; LAWRIE, 2005; RAMOS &
8 GOMIDE, 2017; SALMI et al., 2012; SANTIAGO et al., 2012). This management begins on
9 the farm with the separation of animals for slaughter, followed by fasting, loading, transport,
10 unloading at the slaughterhouse, resting time, and movement until stunning and bleeding
11 (DALLA COSTA et al., 2010; COBANOVIC et al., 2020; LUDTKE ET AL., 2010;
12 MARZOQUE et al., 2020; SANTIAGO et al., 2012; SILVA et al., 2014).

13 One of the main problems of the meat industry and, especially, of those that slaughter
14 and obtain pork is the occurrence of meat with an aspect that characterizes them as Pale, Soft
15 and Exudative (PSE) (TREVISAN & BRUM, 2020) and are undesirable because, in addition
16 to being rejected by consumers, they impair the industrial manufacturing processes, causing
17 considerable economic losses (CALDARA et al., 2012; MOURA et al., 2015; RAMOS &
18 GOMIDE, 2017).

19 The measurement of the initial pH (at 45 minutes after slaughter) is an important tool
20 for predicting defects that can compromise the quality of meat because it can be linked to
21 changes in color, texture (tenderness and juiciness, for example) and water retention capacity;
22 factors related to PSE meat, in addition to industrial yield, shelf life and nutritional value, justify
23 the importance of initial pH monitoring and control in the meat industry (LIMONI et al., 2017;
24 RAMOS & GOMIDE, 2017; SILVA et al., 2014).

1 Thus, the general objective of this study was to evaluate the temperature and pH of pig
2 carcasses at 45 minutes after slaughter (pH₄₅) and to estimate the occurrence of carcasses
3 predisposed to developing the PSE condition as a function of factors related to the preslaughter
4 handling of pigs in a commercial slaughterhouse.

5 **MATERIALS AND METHODS**

6 The study was conducted in a commercial swine slaughterhouse with a daily slaughter
7 capacity of 700 animals under supervision of the Federal Inspection Service (SIF), located in
8 the municipality of Lavras, Minas Gerais. Data collection occurred from December 2021 to
9 February 2022.

10 **Site characterization, adopted practices, and data collection**

11 The data collected and analyzed came from the routine activities developed in the
12 processing plant during the summer, and the initial pH and temperature evaluations were
13 performed on the pig carcasses in the *postmortem*. In the slaughterhouse, the animals were kept
14 in covered resting pens with a density of 0.6 m²/animal and variable resting times with free
15 access to water, ensuring that at least 15% of the animals in each pen could drink water
16 simultaneously, as recommended by Decree 711 and 365 (BRASIL, 1995; BRASIL, 2021).

17 The animals came from commercial farms and were submitted to a fasting period with
18 free access to water; this information was stated in the health bulletins that accompanied the
19 batches. The animals were loaded into trucks with compartmentalized bodies (cage type trucks)
20 and transported to the slaughterhouse, traveling from 3.5 to 419 km.

21 The resting and fasting times were defined according to the time of feed withdrawal
22 stated in the health booklet and the time the animals arrived at the slaughterhouse. In the resting
23 pens, lot separation was maintained according to the origin of the animals.

24 At the time of slaughter, the animals were led in batches to the spray shower with
25 hyperchlorinated water (minimum 5 ppm), where they remained for at least 3 minutes and were

1 then individually led to the stunning box that used a syringe. In the stunning box, the pigs were
2 stunned using the electrical stunning method (electronarcosis) and then bled on the bleeding
3 table, with no more than 15 seconds between stunning and bleeding, according to Portaria No.
4 365 (BRASIL, 2021).

5 The information of each lot was obtained through a structured form that was previously
6 sent to all producers to fill in data regarding the following: distance from the farm to the
7 slaughterhouse, date and time of feed withdrawal at the farm, truck specifications, date and time
8 of start and end of loading, time of farm departure and arrival at the slaughterhouse, date and
9 time of start and end of unloading. The forms were returned to the slaughterhouse along with
10 the corresponding load of pigs.

11 The temperature in the resting pens was collected using a temperature data logger (USB
12 Data Logger Series JDL 11, Faytech Technology Comércio de Serviços Ltda, resolution 0, 1
13 °C/accuracy ± 0.5 °C/temperature: -35 to 80 °C, São Paulo, Brazil).

14 **Analyzed variables and sample size**

15 The following independent variables were considered for the study:

16 A- Transport distance between farm and slaughterhouse (4 groups: up to 100 km (n= 765),
17 between 101 and 200 km (n=1936), between 201 and 300 km (n=1340) and over 300 km
18 (n=408));

19 B- Animal transport time from farm to slaughterhouse (5 groups: up to 3 hours (n=109),
20 between 3 and 6 hours (n=808), between 6 and 9 hours (n=2120), between 9 and 12 hours
21 (n=1372) and over 12 hours (n=40));

22 C- Truckload density of pigs (4 groups: below 0.35 kg/m² (n = 1391), between 0.35 and 0.40
23 kg/m² (n = 1510) between 0.41 and 0.45 kg/m² (n = 1065) and above 0.45 kg/m² (n = 483));

24 D- Total fasting time of the animals until slaughter (2 groups: up to 24 hours (n=2561) and
25 over 24 hours (n=1888));

- 1 E- Resting time of animals in the refrigerator (5 groups: up to 3 hours (n=168), between 3 and
2 6 hours (n=863), between 6 and 9 hours (n=1420), between 9 and 12 hours (n=1552) and
3 over 12 hours (n=446));
- 4 F- Average weight of live pigs (4 groups: below 100 kg (n=454), between 100 and 110 kg
5 (n=1830), between 110.1 and 120 kg (n=1886) and above 120 kg (n=279));
- 6 G- Average temperature in the resting stalls (2 groups: up to 24 °C (n= 2159) and above 24 °C
7 (n=2290));
- 8 H- Maximum temperature in the resting stalls (4 groups: below 24 °C (n=190), between 24
9 and 28 °C (n=1774), between 28.1 and 32 °C (n=1854) and above 32 °C (n= 631)).

10 The variables initial pH, carcass temperature, and occurrence of PSE were the dependent
11 variables of the study and were obtained by measuring a total of 4449 pig carcasses, which had
12 an average live weight of 109.09 ± 7.19 kg and came from 138 lots of animals.

13 **Analysis of pH, carcass temperature and estimation of the occurrence of PSE**

14 Measurements of the pH and temperature of the carcasses were performed 45 minutes
15 after slaughter (pH₄₅). For the measurement of pH and temperature of the carcasses, a portable
16 measuring instrument with a pH measuring tip combined with a temperature probe (Testo 205,
17 Testo AG, Lenzkirch, Germany) was used, inserted at a depth of 3 cm, perpendicular to the
18 muscle. The measurement was performed in the *semimembranosus* muscle of the right half of
19 the carcass.

20 **Statistical analysis**

21 Statistical analyses were performed using the *Statistical Package for the Social Sciences*
22 - SPSS 20.0 software. The quantitative dependent variables (pH and carcass temperature) were
23 compared between the categories of the independent variables of the study (transport distance,
24 transport time, load density, fasting time, resting time, average weight, average temperature in
25 the area and rest and maximum temperature in the rest area) by means of Kruskal–Wallis and

1 Mann–Whitney tests after the absence of normality in the distribution of variables was verified
2 by the Kolmogorov–Smirnov test.

3 An evaluation of the relationship between the qualitative dependent variables
4 (occurrence of PSE meat) and independent variables (transportation distance, transportation
5 time, load density, fasting time, resting time, average weight, average temperature in the area
6 and resting and maximum temperature in the resting area) was performed via univariate analysis
7 of the chi-square test (Q2). Variables that showed an association with $p < 0.02$ by the Q2 test
8 were selected for the construction of the combined model. The risk was calculated by means of
9 the adjusted odds ratio and its confidence interval at 95% for each variable that showed a
10 significant association ($p < 0.05$) in the logistic regression.

11 Based on the pH values₄₅ obtained in this study, the carcasses were classified as normal
12 and PSE. According to the measurement of the initial pH, the carcasses were classified as
13 normal when they presented a pH₄₅ higher or equal to 5.90 and PSE when they presented a pH
14 value₄₅ lower than 5.90 (BARTON-GADE, 1978; CULAU et al., 1994; ROSSI, 2022).

15 **RESULTS**

16 The initial pH (pH₄₅) and temperature values at 45 minutes for the carcasses in this study
17 are shown in Figures 1. The predominant range of initial pH for the carcasses was 6.18 to 6.49
18 (n=2215), representing 49.78% of the carcasses, while temperatures between 38.08 and 40.96
19 corresponded to 64.64% of the carcasses evaluated.

20 Of all the carcasses evaluated, 306 presented a predisposition to developing PSE meat
21 when $\text{pH}_{45} < 5.90$ was considered indicative; this number represented an incidence of 6.87% in
22 this study. Table 1 shows the results regarding the effects of the variables on the temperature
23 and initial pH in the *semimembranosus* muscle of the carcasses. There was a difference in
24 carcass temperature at 45 minutes as a function of distance and transport time, loading density,
25 fasting time, resting time, and average and maximum temperature of the resting stall. There was

1 no difference according to the average weight of the animals. For pH₄₅, there was a difference
2 as a function of all the variables studied.

3 Animals transported between 201 and 300 km presented higher carcass temperature and
4 lower pH₄₅. Regarding the time of transport, the lowest pH values₄₅ were obtained in animals
5 transported for up to 6 hours, and the highest temperatures were obtained in animals transported
6 up to 3 hours. Considering the effect of load density on carcass temperature, densities lower
7 than 0.35 kg/m² led to higher temperatures and densities higher than 0.45 kg/m² led to lower
8 pH₄₅. Regarding the average weight of the animals, the lowest pH value₄₅ occurred in carcasses
9 from animals above 120 kg. Higher temperatures and lower pH₄₅ were associated with fasting
10 times longer than 24 hours. Animals submitted to up to 6 hours of rest showed lower values for
11 pH₄₅, while higher temperatures were obtained in the carcasses of animals submitted to rest
12 times over 12 hours. The average temperature of the stall up to 24 °C promoted higher carcass
13 temperatures, while the average temperature above 24 °C caused lower values of pH₄₅.

14 Figure 2 shows the occurrence of meats that present different pH₄₅ ranges within the
15 same temperature range, indicating that, as an isolated factor, temperature does not determine
16 the predisposition to the PSE anomaly. On the other hand, the results from fasting time and
17 average temperature showed in the resting area of the stall on the incidence of carcasses with
18 risk of PSE (Table 2). The animals fasted for more than 24 hours had a greater chance (1.41
19 times) of occurrence of PSE meat, as did those with average temperatures above 24 °C in the
20 pen (1.52 times). The other parameters evaluated showed no influence on the occurrence of
21 PSE (Table 2).

22 **DISCUSSION**

23 *pH₄₅ and temperature*

24 In the present study, several variables influenced the pH₄₅ and the temperature at 45
25 minutes. pH verification is an important tool to predict the final quality of pork because pH

1 directly or indirectly influences the properties and quality characteristics such as color,
2 tenderness and flavor (BRIDI & SILVA, 2006). Low pH associated with high carcass
3 temperature leads to greater denaturation of myofibrillar proteins with a consequent reduction
4 in their water retention capacity (CALDARA et al. 2012).

5 Regarding the distance of transport, the animals transported from 201 to 300 km
6 presented muscles with higher temperature and lower initial pH compared to the other
7 treatments. Marzoque et al. (2020) verified that $\text{pH} < 5.8$ in 11% of carcasses of animals
8 transported over distances between 25 and 65 km and noted that animals transported over
9 distances of 320 km did not present pH lower than 5.8. In the evaluation of the impact of
10 distances of 45, 430 and 700 km on the values of initial pH and temperature presented by
11 Ochove et al. (2010), the distance of 700 km provided lower values of pH and higher
12 temperatures in the carcasses. The authors justify the results as possibly the consequence of the
13 longer time of transport and thus greater exposure to stress due to poor road conditions,
14 exposure to sunlight and high environmental temperatures (35 °C); these circumstances
15 promote greater exhaustion of muscle glycogen, thus causing lower levels of pH and higher
16 temperatures in pigs transported for longer periods. Under appropriate conditions, when pigs
17 are transported over long distances, they are able to recover from the stress of boarding and
18 adapt to transport, a situation that is contrary to when they are transported over shorter distances
19 (< 100 km), where there is not enough time for recovery from stress in these preslaughter phases
20 (RIOJA-LANG et al., 2019); this rationale can support the results found in this study and
21 Marzoque et al. (2020).

22 The results found for transport time consolidate the findings for distance, since shorter
23 transport times of up to 3 hours impacted the higher temperature and lower initial pH value in
24 the carcasses. In addition to distance and time, another variable associated with the transport
25 step is the loading density. Pigs transported over short distances and at high loading densities

1 during hot weather conditions need more time in the holding area to recover from the stress
2 associated with transport; when provided with more transport time (>3 h) and sufficient space,
3 the animals can acclimate to the transport conditions and partially recover from the stress
4 induced during loading (COBANÓVIC et al. 2020). The highest temperature values in the study
5 were found in the carcasses of animals transported at loading densities below 0.35 kg/m² and
6 lower initial pH values when transported at densities greater than 0.45 kg/m². Transporting pigs
7 at low density increases injuries due to the excess space, which permits the animals to crash
8 into the sides and divisions of the truck, in addition to a higher occurrence of slips and falls
9 (DALLA COSTA et al., 2021).

10 The lowest pH values⁴⁵ and highest temperatures occurred in animals above 120 kg live
11 weight, the largest range considered in this study. Ellis & Bertol (2001) studied the effects of
12 slaughter weight on meat quality and inferred that heavier pigs have a greater tendency to de-
13 velop PSE meat. Similarly, Bertol et al. (2015) found lower initial pH values in heavier pigs.
14 The explanation for this susceptibility lies in the fact that heavier carcasses take longer to cool
15 due to the surface area x mass ratio. In addition, there is evidence that muscle glycogen content
16 may be higher in heavier animals, increasing the potential for *postmortem* glycolysis and lea-
17 ding to a faster pH drop.

18 *Occurrence of PSE*

19 The development of PSE meat results from the elevation of the glycolytic rate
20 immediately before and immediately after slaughter, which causes a higher concentration of
21 lactic acid and an accelerated drop in muscle pH; this situation, related to stress during
22 preslaughter handling, promotes the increased release of hormones that interfere with muscle
23 glycogen reserves, anticipating *postmortem* glycolysis (CALDARA et al. 2012; DALLA
24 COSTA et al., 2021).

1 The incidence of PSE meat in carcasses from animals fasted for more than 24 hours
2 increased by 37.29% ($p < 0.05$). These results show that there is a positive correlation between
3 the increase in fasting time and loss of meat quality because, in addition to increasing the num-
4 ber of carcasses with pH at 45 minutes below 5.90, in general, there was a decrease in pH values
5 of the carcasses and an increase in temperature, which are the two factors that interfere with the
6 occurrence of PSE meat. Prolonged fasting time can influence the behavior of fights and da-
7 mage meat quality, such as PSE meat, since physiological stress can increase the excretion of
8 hormones that exacerbate muscle activity over the expenditure of glycogen in the muscle
9 (ABCS, 2014, ABCS, 2016).

10 Similar results were found by Giraldo et al. (2020), who evaluated total fasting times
11 from 3 to 34 hours, with 2 hours allotted for transport, and found that total fasting had significant
12 effects on pH values, with a reduction in pH_{45} and negative impacts on the color and water
13 holding capacity of the meat ($P < 0.01$), thus concluding that fasting should not exceed 12 hours
14 for animal welfare and better meat quality. Driessen et al. (2020) describe the preslaughter
15 fasting time as a tool to increase the muscle pH and decrease the incidence of PSE pork, pointing
16 out that fasting less than 18 hours can increase the prevalence of PSE meat and periods above
17 22 hours induce muscle glycogen depletion, increasing the risk of DFD meat, a situation
18 divergent from the results found. Similarly, studies conducted by Riera et al. (2012) point out
19 that fasting times of 12 hours increased the pH_{45} . In addition, animals subjected to fasting times
20 of 24-26 hours had meats with a lower occurrence of exudation, evaluated from drip losses
21 (DRIP). Ludtke et al. (2010) point out that fasting time above 24 hours promotes excessive
22 energy expenditure and loss in carcass yield and can cause an increase in final pH values (24
23 hours *postmortem*), interfering with meat quality.

24 The average temperature in the stall above 24 °C during the waiting time for slaughter
25 caused a reduction in the pH_{45} value and a consequent increase in the incidence of carcasses

1 predisposed to PSE meat by 48.21%. This result indicates that on warmer days, the incidence
2 of PSE meat has a tendency to increase. The results corroborated the studies of Culau et al.
3 (1993) and Gajana et al. (2013), who stated that high ambient temperatures on the day of
4 slaughter decreased the initial pH and increased the frequency of PSE carcasses. Similarly,
5 Cobanóvic et al. (2020) reported that meat from pigs slaughtered in summer had lower initial
6 pH and water holding capacity values, which are parameters associated with PSE meats. Pigs
7 are sensitive to high ambient temperatures, as this condition stimulates heat stress due to an
8 impaired thermoregulation mechanism resulting from keratinized sweat glands and a large
9 amount of adipose tissue (LUDTKE et al., 2010; MUN et al., 2022). Heat stress immediately
10 before slaughter accelerates muscle glycogenolysis, increasing lactic acid concentration and
11 producing a rapid decrease in muscle pH while the carcass is still warm, resulting in PSE meat
12 (MUN et al., 2022; RIVAS et al., 2019).

13 When acute stress occurs just before slaughter, the muscles use more energy reserves, the
14 metabolism is exothermic and, due to the difficulty in thermoregulating the pig and
15 consequently dissipating the heat generated, muscle and body temperature increase. Lower
16 muscle pH, while carcass temperature is still high, increases protein denaturation and may result
17 in PSE meat. In addition, high muscle temperatures allow short-term accumulation of lactic
18 acid, which alters protein functionality and increases the proportion of PSE meat (FLORES
19 PEINADO et al., 2020; VERMEULEN et al., 2015).

20 Maintenance of body temperature in pigs, when exposed to higher temperatures during
21 rest, is achieved by increasing heat loss to the environment and reducing metabolic heat
22 production, a stressor to the animal (DRIESSEN et al., 2020; RENAUDEAU et al., 2011).

23 **CONCLUSION**

24 In this study, factors associated with the preslaughter handling of pigs that influence the
25 temperature and initial pH at 45 minutes include transport distance, transport time, load density,

1 fasting time, resting time, average weight of the animals, average temperature in the resting
2 area and maximum temperature in the resting area. In general, factors with the highest values
3 for temperature and the lowest values for pH₄₅ are associated with treatments strongly indicated
4 to cause stress to the animal. Among the variables analyzed, the fasting time of the animals and
5 the average temperature of the stall significantly influenced the incidence of PSE meat.

6 **ACKNOWLEDGEMENTS**

7 The authors would like to thank the “Nutrili Indústria e Comércio de Carnes Ltda” for allowing
8 data collection.

9 **DECLARATION OF CONFLICT OF INTEREST**

10 We have no conflict of interest to declare.

11 **AUTHORS' CONTRIBUTIONS**

12 All authors contributed equally for the conception and writing of the manuscript. All authors
13 critically revised the manuscript and approved of the final version.

14 **REFERENCES**

15 and lairage time on incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical
16 characteristics of pork. **Meat Science**, v. 95, n. 3, pág. 520-525, 2013. Available from:
17 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174013002222?via%3Dihub>>.

18 Accessed: Apr. 24, 2022. doi: /10.1016/j.meatsci.2013.05.028

19 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS (ABCS). **Bem-estar animal**
20 **na produção de suínos: frigorífico**. Brasília: ABCS, 2016, 38p.

21 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS (ABCS). **Produção de**
22 **suínos: Teoria e prática**. Brasília: ABCS, 2014, 908p.

23 BARTON-GADE, P. A. Some experience on measuring the meat quality of pig carcasses. **Acta**
24 **Agriculturae Scandinavica**, v. 28, n. sup21, p. 61-70, 1978. Available from:

- 1 <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09064702.1978.11884470?journalCode=saga>
2 19>. Accessed: Sept. 12, 2022. doi:10.1080/09064702.1978.11884470.
- 3 BERTOL, T. M. et al. Meat quality and cut yield of pigs slaughtered over 100kg live
4 weight. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 1166-1174, 2015.
5 Available from:< <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/R7mHRVqKsqSgy8jDnrFk4fP/?lang=en> >.
6 Accessed: Sept. 24, 2022. doi: 10.1590/1678-4162-8113.
- 7 BRASIL. Portaria n° 365, de 16 de julho de 2021. Aprova o Regulamento Técnico de Manejo
8 Pré-abate e Abate Humanitário e os métodos de insensibilização autorizados pelo Ministério da
9 Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial da União**: seção 1- Extra A Página: 1
10 Brasília, DF.
- 11 BRASIL. Portaria n° 711, de 1° de novembro de 1995. Aprova as Normas Técnicas de
12 Instalações e Equipamentos para Abate e Industrialização de Suínos. Ministério da Agricultura,
13 Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF.
- 14 BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de Avaliação da Carcaça e da Carne Suína**. Londrina:
15 MIDIOGRAF, v. 1, 2006, 97p.
- 16 CALDARA, F. R. et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Rev. Bras. Saúde**
17 **Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.3, p.815-824 jul./set., 2012. Available from: <<https://www.scielo.br/j/rbspa/a/bHbXYwGp6f79NL6cvpBs8wL/abstract/?lang=pt>>. Accessed: Oct. 18, 2022.
- 18 COBANÓVIC, N. et al. Combined effects of weather conditions, transportation time and loa-
19 ding density on carcass damages and meat quality of market-weight pigs. **Arch. Anim. Breed.**,
20 64, 425–435, 2021. Available from: < <https://aab.copernicus.org/articles/64/425/2021/>>. Ac-
21 cessed: Oct. 15, 2022. doi: 10.5194/aab-64-425-2021.
- 22 COBANOVIC, N. et al. The effects of season on health, welfare, and carcass and meat quality
23 of slaughter pigs. **International Journal of Biometeorology**, 2020. Available from: <

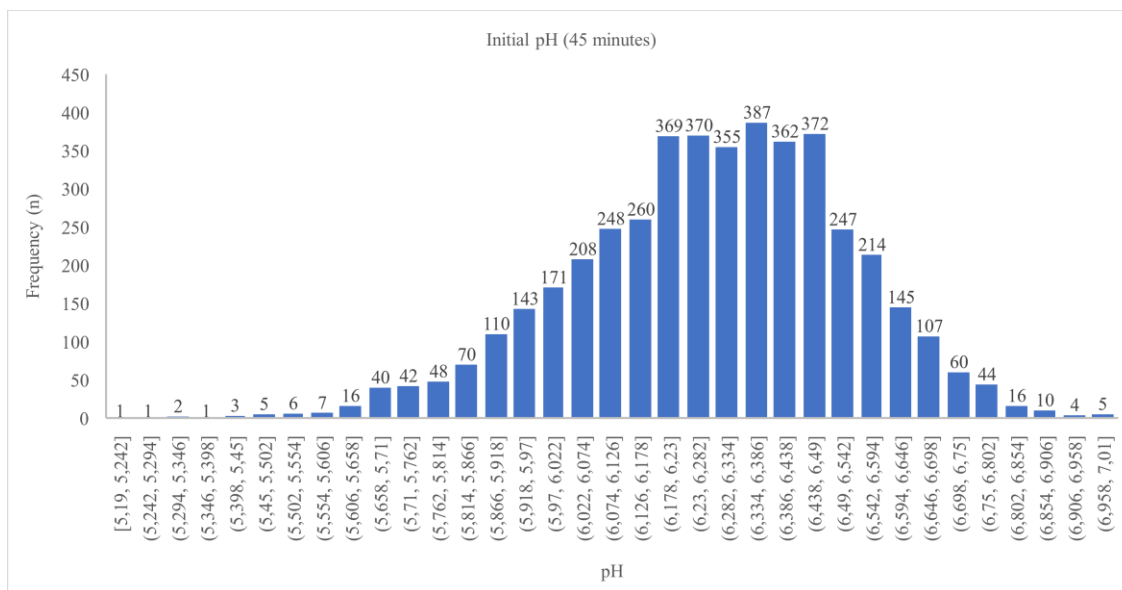
- 1 <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-020-01977-y>>. Accessed: Aug. 27, 2022. doi:
2 10.1007/s00484-020-01977-y.
- 3 CULAU, P. O. V. et al. Incidence of PSE in commercial pig carcasses in Rio Grande do Sul
4 State, Brazil. **Boletim Técnico da Associação Sul Brasileira das Indústrias de Produtores**
5 **de Suínos, Porto Alegre**, 1994. Available from: < [https://digicomst.ie/wp-](https://digicomst.ie/wp-content/uploads/2020/05/1994_04_01.pdf)
6 [content/uploads/2020/05/1994_04_01.pdf](https://digicomst.ie/wp-content/uploads/2020/05/1994_04_01.pdf) >. Accessed: Sept. 18, 2022.
- 7 CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. R.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito do manejo pré-abate sobre
8 a incidência de PSE e DFD em suínos. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 1 (2): 139-146 (1993).
9 Porto Alegre – RS. Available from: < http://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2408
10 >. Accessed: Sept. 18, 2022.
- 11 DALLA COSTA, O. A. et al. Efeito das condições pré-abate sobre a qualidade da carne de
12 suínos pesados. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 391-402, 2010. Available from: <
13 https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922010000300007>. Ac-
14 cessed: Sept. 05, 2022.
- 15 DALLA COSTA, O. A. et al. **Transporte Legal – Suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves,
16 2021, 150p. Available from: < [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/han-](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1137988)
17 [dle/doc/1137988](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1137988)>. Accessed: July. 22, 2022.
- 18 DOKMANOVIC, M. et al. The effects of lairage time and handling procedure prior to slaughter
19 on stress and meat quality parameters in pigs. *Meat Science*, 98(2), 220–226, 2014. Available
20 from: <[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174014001715?via%3Di-](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174014001715?via%3Dihub)
21 [hub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174014001715?via%3Dihub)>. Accessed: Sept. 24, 2022. doi:.10.1016/j.meatsci.2014.06.003.
- 22 DRISSEN, B.; FRESON, L.; BUYSE, J. Fasting Finisher Pigs before Slaughter Influences Pork
23 Safety, Pork Quality and Animal Welfare. **Animals** 2020, 10, 2206. Available from: <
24 <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/12/2206>>. Accessed: Aug. 25, 2022.
25 doi:10.3390/ani10122206.

- 1 ELLIS, M.; BERTOL, T.M. Efeitos do peso de abate sobre a qualidade de carne suína e da
2 gordura. In: **Conferência Internacional Virtual Sobre Qualidade de Carne Suína**. 2001. p.
3 236. Available from:
4 <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_bertol_pt.pdf >. Accessed:
5 Sept. 01, 2022.
- 6 EMBRAPA. **Qualidade da carne suína**. Available from: <[https://www.embrapa.br/qualidade-](https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-suina)
7 [da-carne/carne-suina](https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-suina)>. Accessed: Sept. 19, 2022.
- 8 FLORES-PEINADO, S. et al. Physiological responses of pigs to preslaughter handling: infrared
9 and thermal imaging applications. **International Journal of Veterinary Science and**
10 **Medicine**, 8(1), 71–84, 2020. Available from: <
11 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23144599.2020.1821574>>. Accessed: Sept. 03,
12 2022. doi: 10.1080/23144599.2020.1821574
- 13 GAJANA, C. S. et al. Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature
14 GARCÍA-CELDRÁN, M. et al. Reduction of transport-induced stress on finishing pigs by
15 increasing lairage time at the slaughter house. **Journal of Swine Health and Production**, v.
16 20, n. 3, p. 118-122, 2012. Available from:
17 <<https://www.aasv.org/shap/issues/v20n3/v20n3p118.html> >. Accessed: Aug. 30, 2022
- 18 GIRALDO, J. D. A.; SÁNCHEZ, J. A.; ROMERO, M. H. Effects of feed withdrawal times
19 prior to slaughter on some animal welfare indicators and meat quality traits in commercial pigs.
20 **Meat Science** 167 (2020). Available from: < [https://www.sciencedirect.com/science/arti-](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174019303389?via%3Dihub)
21 [cle/abs/pii/S0309174019303389?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174019303389?via%3Dihub)>. Accessed: July. 16, 2022. doi: 10.1016/j.me-
22 [atsci.2019.107993](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174019303389?via%3Dihub).
- 23 LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005, 384p.
- 24 LIMONI, B. H. de S. et al. Influência do pH na qualidade da carne. **Anais da X Mostra**
25 **Científica FAMEZ / UFMS, CAMPO GRANDE - MS, 2017**. Available from: <

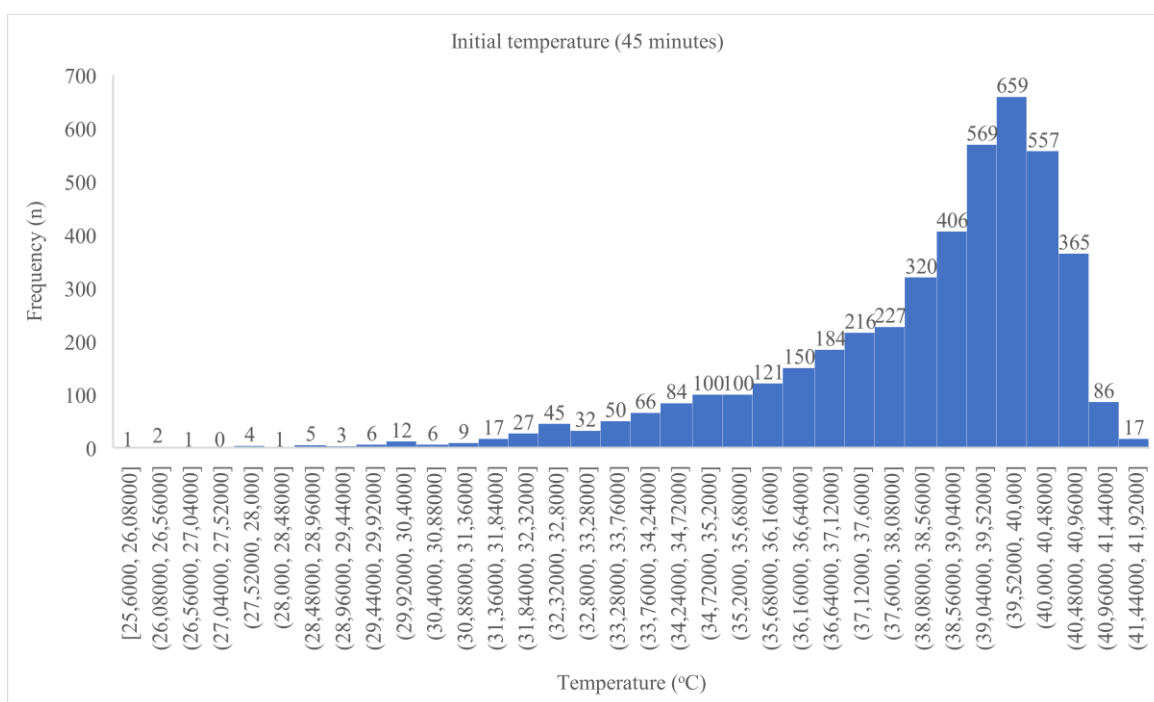
- 1 <https://famez.ufms.br/files/2015/09/INFLU%C3%80NCIA-DO-PH-NA-QUALIDADE-DA->
2 [CARNE.pdf](#) >. Accessed: Oct. 10, 2022.
- 3 LUDTKE, C. B. et al. **Abate humanitário de suínos**. 132p. Rio de Janeiro - RJ: WSPA, 2010.
4 Available from:< <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/920389>>.
5 Accessed: Oct. 12, 2022.
- 6 MARZOQUE, H. J. et al. Evaluation of pH in swine carcasses regarding on the transport
7 distance of the animals: a case study. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.
8 Available from: <
9 https://www.researchgate.net/publication/344653041_Evaluation_of_pH_in_swine_carcasses
10 [_regarding_on_the_trasport_distance_of_the_animals_a_case_study](#)>. Accessed: Oct. 25,
11 2021. doi: 10.33448/rsd-v9i10.8893.
- 12 MOURA, J. W. F. et al. Fatores Influenciadores na Qualidade da Carne Suína. **Rev. Cient.**
13 **Prod. Anim.**, v.17, n.1, p.18-29, 2015. Available from:< [http://www.bibliotekevirtual.org/in-](http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/1490-rcpa/v17n01/16266-fatores-influ-)
14 [dex.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/1490-rcpa/v17n01/16266-fatores-influ-](#)
15 [enciadores-na-qualidade-da-carne-suina.html](#) >. Accessed: Aug. 23, 2022. doi: 10.15528/2176-
16 4158/rcpa.v17n1p18-29.
- 17 MUN, H. S. et al. Effect of ambient temperature on growth performances, carcass traits and
18 meat quality of pigs. **Journal of Applied Animal Research**. vol. 50, n. 1, 103–108, 2022.
19 Available from:< <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09712119.2022.2032084> >.
20 Accessed: Sept. 15, 2022. doi: 10.1080/09712119.2022.2032084.
- 21 OCHOVE, V. C. C. et al. Influência da distância no bem estar e qualidade de carne de suínos
22 transportados em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Produção Animal**, 11(4), 1117–1126, 2010.
23 Available from:< <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/140626>>. Accessed: Aug. 30, 2022.
24 ISSN1519-9940-2010-11-04-1117-1126.
- 25 RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. de M. **Avaliação da Qualidade de Carnes: Fundamentos**
26 **e Metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2017, 473p.

- 1 RENAUDEAU, D; GOURDINE, J. L.; ST-PIERRE, N. R. A meta-analysis of the effects of
2 high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. **Journal of**
3 **Animal Science**, v. 89, n. 7, p. 2220-2230, 2011. Available from:<
4 <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/89/7/2220/4764353?login=false> >. Accessed:
5 Apr. 24, 2022. doi: 10.2527/jas.2010-3329
- 6 RIERA, N. P. et al. Effect of feed deprivation and lairage time on carcass and meat quality traits
7 on pigs under minimal stressful conditions. **Livestock Science** 146 (2012) 29–37. Available
8 from:<[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187114131200073X?via%3Di-](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187114131200073X?via%3Di-hub)
9 [hub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187114131200073X?via%3Di-hub)>. Accessed: Sept. 15,2022. doi: 10.1016/j.livsci.2012.02.017.
- 10 RIOJA-LANG, F. C. et al. A Review of Swine Transportation Research on Priority Welfare
11 Issues: A Canadian Perspective. **Frontiers in Veterinary Science**, 6, 2019. Available from:<
12 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2019.00036/full> >. Accessed: Apr. 24, 2022.
13 doi: 10.3389/fvets.2019.00036.
- 14 RIVAS, P. A. G. et al. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat qua-
15 lity: A review. **Meat Science**, 2019. Available from:< <https://www.sciencedirect.com/sci->
16 [ence/article/abs/pii/S0309174019304917](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174019304917)>. Accessed: Apr. 24, 2022. doi: 10.1016/j.meat-
17 [sci.2019.108025](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174019304917).
- 18 ROSSI, G. A.M. **Qualidade, tecnologia e inspeção de carnes**. São Paulo: Medvet, 2022, 348p.
- 19 SALMI, B. et al. Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on
20 four attributes of pork meat quality. **Meat Science** 90 (2012) 584–598. Available from:<
21 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174011003263?via%3Di-hub>>
22 Accessed: Apr. 24,2022. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.09.021.
- 23 SALMI, B. et al. Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on
24 four attributes of pork meat quality. **Meat Science** 90 (2012) 584–598. Available from:<

- 1 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174011003263?via%3Dihub>
2 Accessed: Apr. 24,2022. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.09.021.
- 3 SANTIAGO, J. C. et al. Incidência da carne PSE (*pale, soft, exsudative*) em suínos em razão
4 do tempo de descanso pré-abate e sexo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.6, p.1739-1746,
5 2012. Available from:<
6 <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/JRy6n4w4h9x6cjmBxGCSzLQ/abstract/?lang=pt>> Accessed:
7 Sept. 24,2022. doi: 10.1590/S0102-09352012000600045.
- 8 SILVA, T. C. F. et al. Influência dos sistemas de criação siscal e convencional sobre os valores
9 de pH da carne suína. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia,
10 v.10, n.19; p. 1216-1224, 2014. Available from:<
11 <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/AGRARIAS/influencia%20dos%20sistemas.pdf>
12 >Accessed: Oct. 25,2021.
- 13 TREVISAN, L.; BRUM, J. S. Incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork meat in reason
14 of extrinsic stress factors. *An Acad Bras Cienc*, v. 92, n. 3, e20190086, 2020. Available from:<
15 <https://www.scielo.br/j/aabc/a/3SGxwzDTMrN4BJxQkTj3YKw/?format=html&lang=en>
16 >Accessed: Oct. 29, 2021.doi: 10.1590/0001-3765202020190086.
- 17 VERMEULEN, L. et al. Pre-slaughter rectal temperature as an indicator of pork meat quality.
18 **Meat Science**, 105, 53–56, 2015. Available from:<
19 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174015000583> >Accessed: Apr.
20 24, 2022.doi: 10.1016/j.meatsci.2015.03.007.
- 21



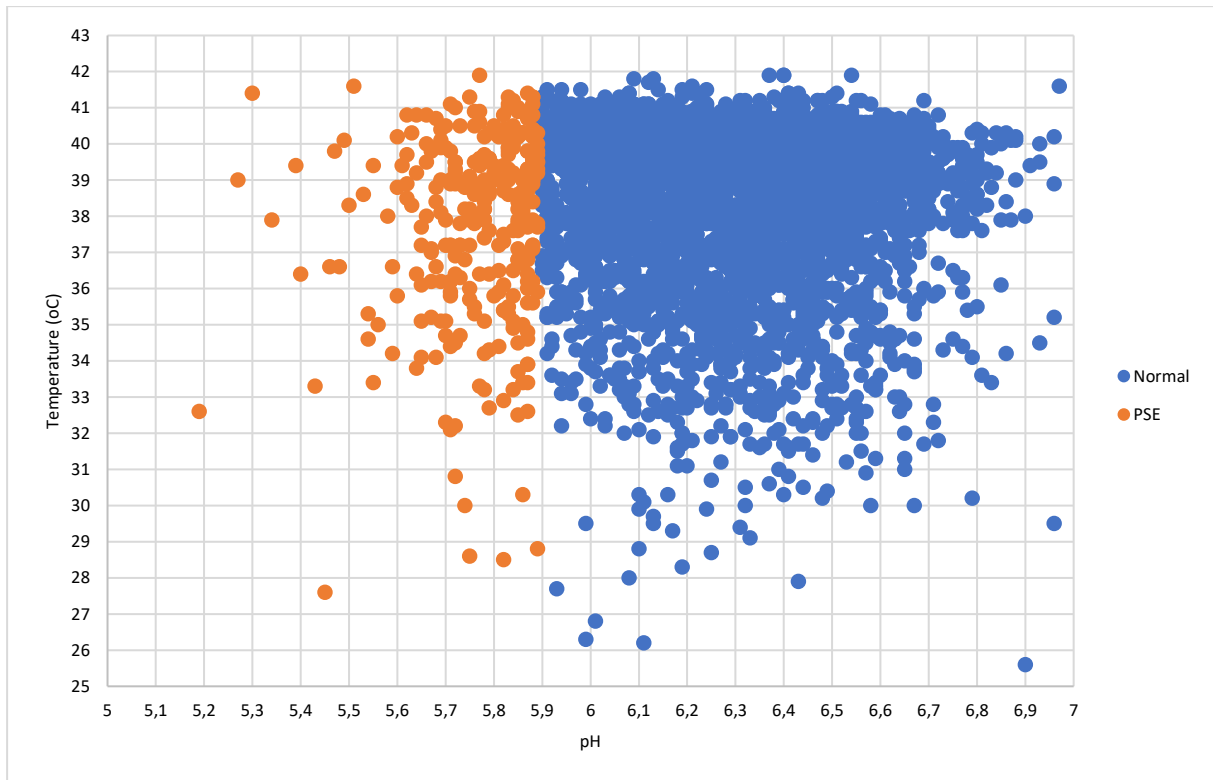
A



B

1 Figure 4 - Frequency histograms for pig carcass (*M. Semimembranosus*): (A) the initial pH
 2 results (45 minutes) and (B) the initial temperature results (45 minutes).

3



1

2 Figure 5 - Relationship between initial pH (*M. Semimembranosus*) and initial temperature (45
3 minutes) for pig carcass.

4

1 Table 3 - Evaluation of the effects of variables on carcass temperature and initial pH (M.
2 *semimembranosus*) at 45 minutes postmortem.

3

| Variables | Carcass Temperature | P* value | Initial pH | P value* |
|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Distance (km) | | | | |
| Until 100 | 38.37+2.17b | < 0.0001 | 6.29+0.25a | 0.005 |
| 101 to 200 | 38.39+2.24b | | 6.29+0.25a | |
| 201 to 300 | 38.64+2.06a | | 6.26+0.24b | |
| Above 300 | 37.38+2.76c | | 6.29+0.26a | |
| Transportation Time (hours) | | | | |
| Until 3 | 39.21+1,13a | < 0.0001 | 6.26+0.26ab | 0.022 |
| 3 to 6 | 38.16+2,22c | | 6.26+0.25b | |
| 6 to 9 | 38.48+2.24ab | | 6.29+0.25a | |
| 9 to 12 | 38.25+2.33bc | | 6.28+0.24ab | |
| Above 12 | 38.45+1.91ab | | 6.28+0.22ab | |
| Density (kg/m²) | | | | |
| Until 0.35 | 38.60+2.09a | < 0.0001 | 6.30+0.24a | < 0.0001 |
| 0.35 to 0.40 | 38.45+2.31a | | 6.27+0.24b | |
| 0.41 to 0.45 | 38.24+2.18b | | 6.28+0.25ab | |
| Above 0.45 | 37.73+2.52c | | 6.25+0.26b | |
| Average Weight (kg) | | | | |
| Until 100 | 38.15+2.58a | 0.059 | 6.26+0.26ab | 0.003 |
| 100 to 110 | 38.35+2.22a | | 6.27+0.24b | |
| 110.1 to 120 | 38.39+2.22a | | 6.30+0.24a | |
| Above 120 | 38.75+1.91a | | 6.26+0.25b | |
| Fasting Time (hours) | | | | |
| Until 24 | 38.50+2.10b | 0.003 | 6.30+0.24a | < 0.0001 |
| Above 24 | 39.19+2.43a | | 6.26+0.25b | |
| Resting Time (hours) | | | | |
| Until 3 | 38.68+1.64b | < 0.0001 | 6.25+0.25b | < 0.0001 |
| 3 to 6 | 38.39+2.25b | | 6.25+0.25b | |
| 6 to 9 | 38.16+2.32b | | 6.31+0.23a | |
| 9 to 12 | 38.27+2.32b | | 6.27+0.25b | |
| Above 12 | 39.23+1.72a | | 6.31+0.24a | |
| Average Temperature in the Stall (° C) | | | | |
| Until 24 | 38.41+2.22a | < 0.0001 | 6.29+0.24a | 0.012 |
| Above 24 | 37.80+2.58b | | 6.27+0.26b | |
| Maximum Temperature in the Stall (° C) | | | | |
| Until 24 | 39.30+1.40a | < 0.0001 | 6.24+0.22c | < 0.0001 |
| 24 to 28 | 38.97+1.85b | | 6.28+0.24b | |
| 28.1 to 32 | 37.81+2.44c | | 6.27+0.26b | |
| Above 32 | 37.98+2.44c | | 6.34+0.22a | |

4 *Kruskal–Wallis Test ($\alpha = 0.05$)

5

1 Tabela 4 - Evaluation of the possibility of occurrence of PSE in pork carcass as a function of
2 the variables studied

3

| Variables | Classification | | | | Total | | P value* | OR (95%) |
|------------------------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Normal | | PSE** | | N | % | | |
| Distance (km) | n | % | n | % | N | % | | |
| Until 100 | 716 | 93.6 | 49 | 6.4 | 765 | 17.2 | 0.910 | - |
| 101 to 200 | 1806 | 93.3 | 130 | 6.7 | 1936 | 43.5 | | |
| 201 to 300 | 1244 | 92.8 | 96 | 7.2 | 1340 | 30.1 | | |
| Above 300 | 379 | 92.9 | 29 | 7.1 | 408 | 9.2 | | |
| Transportation Time (hours) | n | % | n | % | N | % | | |
| Until 3 | 98 | 89.9 | 11 | 10.1 | 109 | 2.4 | 0.417 | - |
| 3 to 6 | 748 | 92.6 | 60 | 7.4 | 808 | 18.2 | | |
| 6 to 9 | 1983 | 93.5 | 137 | 6.5 | 2120 | 47.7 | | |
| 9 to 12 | 1277 | 93.1 | 95 | 6.9 | 1372 | 30.8 | | |
| Above 12 | 39 | 97.5 | 1 | 2.5 | 40 | 0.9 | | |
| Density (kg/m²) | n | % | n | % | N | % | | |
| Until 0.35 | 1310 | 94.2 | 81 | 5.8 | 1391 | 31.3 | 0.072 | - |
| 0.35 to 0.40 | 1404 | 93.0 | 106 | 7.0 | 1510 | 33.9 | | |
| 0.41 to 0.45 | 993 | 93.2 | 72 | 6.8 | 1065 | 23.9 | | |
| Above 0.45 | 438 | 90.7 | 45 | 9.3 | 483 | 10.9 | | |
| Average Weight (kg) | n | % | n | % | N | % | | |
| Until 100 | 470 | 92.0 | 41 | 8.0 | 511 | 11.5 | 0.069 | - |
| 100 to 110 | 1701 | 92.5 | 137 | 7.5 | 1838 | 41.3 | | |
| 110.1 to 120 | 1718 | 94.3 | 103 | 5.7 | 1821 | 40.9 | | |
| Above 120 | 256 | 91.8 | 23 | 8.2 | 279 | 6.3 | | |
| Fasting Time (hours) | n | % | n | % | N | % | | |
| Until 24 | 2410 | 94.1 | 151 | 5.9 | 2561 | 57.6 | 0.002 | 1.41 |
| Above 24 | 1753 | 91.9 | 153 | 8.1 | 1888 | 42.4 | | |
| Resting Time (hours) | n | % | n | % | N | % | | |
| Until 3 | 155 | 92.3 | 13 | 7.7 | 168 | 3.8 | 0.441 | - |
| 3 to 6 | 783 | 90.7 | 80 | 9.3 | 863 | 19.4 | | |
| 6 to 9 | 1360 | 95.8 | 60 | 4.2 | 1420 | 31.9 | | |
| 9 to 12 | 1428 | 92.0 | 124 | 8.0 | 1552 | 34.9 | | |
| Above 12 | 419 | 93.2 | 304 | 6.8 | 446 | 10.0 | | |
| Average Temperature in the | n | % | n | % | N | % | | |
| Until 24 | 2283 | 94.4 | 136 | 5.6 | 2419 | 54.4 | 0.001 | 1.52 |
| Above 24 | 1862 | 91.7 | 168 | 8.3 | 2030 | 45.6 | | |
| Maximum Temperature in the | n | % | n | % | N | % | | |
| Until 24 | 295 | 94.9 | 16 | 5.1 | 311 | 7.0 | 0.845 | - |
| 24 to 28 | 1552 | 93.9 | 101 | 6.1 | 1653 | 37.1 | | |
| 28.1 to 32 | 1685 | 90.9 | 169 | 9.1 | 1854 | 41.7 | | |
| Above 32 | 613 | 97.1 | 18 | 2.9 | 631 | 14.2 | | |

4 *Chi square test ($\alpha = 0.05$). ** considering pH value less than 5.9 at 45 minutes *post mortem*.

5 OR = Odds Ratio.

6

7

1 **APÊNDICE A**

3 Anexo 1 - Ficha de qualificação de fornecedores

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| LOGO DA EMPRESA | QUALIFICAÇÃO DE FORNECEDORES | | | | |
| PREENCHIMENTO PELO PRODUTOR | | | | | |
| Produtor: | | | | | |
| Cidade: | | | Distância da granja ao frigorífico (Km): | | |
| Data e Hora de retirada de alimentação na granja: ____/____/2021 às ____:____ horas | | | | | |
| PREENCHIMENTO PELO CONDUTOR DO VEÍCULO | | | | | |
| Especificações do caminhão. | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Caminhão tipo gaiola <input type="checkbox"/> 1 piso <input type="checkbox"/> 2 pisos Número de gaiolas por piso: _____ Espaço médio de cada gaiola (m ²): ____ Número de suínos por gaiola: _____ | | | <input type="checkbox"/> Compartimento único Espaço médio da carroceria (m ²): _____ | | |
| Data e Hora de início do carregamento: ____/____/2021 às ____:____ horas | | | | | |
| Data e Hora de fim do carregamento: ____/____/2021 às ____:____ horas | | | | | |
| Data e Hora de saída da granja: ____/____/2021 às ____:____ horas | | | | | |
| Data e Hora de chegada ao frigorífico: ____/____/2021 às ____:____ horas | | | | | |
| Houve alguma ocorrência durante a viagem? Ex: acidentes, caminhão quebrado etc. <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim. Qual? _____ | | | | | |
| Data e Hora de início do descarregamento: ____/____/2021 às ____:____ horas | | | | | |
| Data e Hora de fim do descarregamento: ____/____/2021 às ____:____ horas | | | | | |
| PREENCHIMENTO PELO FRIGORÍFICO | | | | | |
| Lote: | Nº da GTA: | Nº de animais na carga: | Média de peso: | | |
| Ocorrência de abate de emergência <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim. Quantos animais: _____ Causa: _____ | | | | | |
| Data do abate: | | Hora início abate do lote ¹ : ____:____ | | Hora fim abate do lote ² : | |
| Tempo de transporte ³ : | | | Velocidade média do transporte: | | |
| Tempo de transporte total ⁴ : | | Tempo de jejum total ⁵ : | | Tempo de descanso ⁶ : | |
| MENSURAÇÃO DO pH (45 minutos após abate) | | | | | |
| Hora | pH | Temperatura | Hora | pH | Temperatura |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

5 ¹Hora início abate do lote: considerado quando os animais do lote começam a ser conduzidos das baias de descanso
 6 para o chuveiro de aspersão./ ²Hora fim abate do lote: considerado na entrada do último animal no box de
 7 insensibilização. / ³Tempo de transporte: considerado da saída da granja até a chegada ao frigorífico/ ⁴Tempo de
 8 transporte total: considerado do final do carregamento na granja até o fim do descarregamento no frigorífico. /
 9 ⁵Tempo de jejum total: considerado da retirada de alimentação na granja ao horário de início de entrada no abate.
 10 / ⁶Tempo de descanso: considerado do fim do descarregamento até horário de início de entrada no abate.

11