



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS SUBMETIDOS A  
DIFERENTES MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO NO  
ABATE**

**ÁDILA VASCONCELOS MARCON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de Concentração: Produção Animal

**Dourados – MS  
Dezembro-2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS SUBMETIDOS A  
DIFERENTES MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO NO  
ABATE**

**ÁDILA VASCONCELOS MARCON**

MÉDICA VETERINÁRIA

ORIENTADORA: Profa. Dra. Fabiana Ribeiro Caldara  
COORIENTADORA: Profa. Dra. Liliane Maria Piano Gonçalves

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de Concentração: Produção Animal

**Dourados - MS  
Dezembro-2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

M321q Marcon, Adila Vasconcelos  
Qualidade da carne de suínos submetidos a diferentes métodos de insensibilização no abate / Adila Vasconcelos Marcon -- Dourados: UFGD, 2018.  
57f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Ribeiro Caldara  
Co-orientadora: Profa. Dra. Liliane Maria Piano Gonçalves

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.  
Inclui bibliografia

1. Fraturas. 2. Visceras. 3. Congestão. 4. Condenação. 5. Carcaça. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

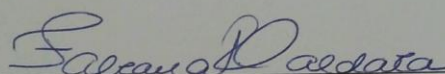
**QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS SUBMETIDOS A DIFERENTES  
MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO NO ABATE**

por

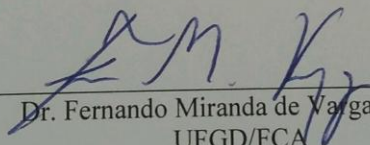
**ÁDILA VASCONCELOS MARCON**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título  
de MESTRE EM ZOOTECNIA

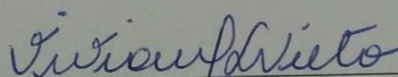
Aprovada em: 18/12/2017



Dra. Fabiana Ribeiro Caldara  
Orientadora – UFGD/FCA



Dr. Fernando Miranda de Vargas Junior  
UFGD/FCA



Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto  
UFMS/FAMEZ

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu marido Alex Marcon, pelo apoio integral para a realização deste sonho.

Aos meus pais Jesivaldo e Fernanda, pelo amor incondicional.

À Maria Fernanda, pela participação especial nessa etapa, ainda dentro de mim.

## AGRADECIMENTOS

Na realização deste trabalho, muitas pessoas e entidades contribuíram com o meu sucesso. Não poderia concluir esta etapa sem os meus mais sinceros agradecimentos:

A Deus, por sua infinita bondade, por me guiar, me iluminar e me dar paz de espírito para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar frente as dificuldades.

Ao meu marido Alex Marcon, por me fazer acreditar, todos os dias, que era possível, e me apoiar em todos os momentos.

À minha família, por tudo o que eu sou e por tudo o que consegui conquistar. Sou eternamente grata.

Ao meu gestor Rogério Tonetti, meu profundo reconhecimento por todo o apoio concedido à concretização deste sonho.

Aos meus colegas de trabalho Cícero Ari Tecchio, Lígia de Lima Moura e Gilmar Rodrigues Souza, por terem me auxiliado todas às vezes que precisei. Trabalhar com vocês foi um prazer e um privilégio.

À Professora Dra. Fabiana Ribeiro Caldara, meu muito obrigado por ter aceitado a árdua tarefa de me orientar, pela inteira disponibilidade, dedicação e apoio com que me recebeu ao longo destes meses.

À Professora Dra. Liliane Maria Piano Gonçalves, pelos imprescindíveis e valiosos esclarecimentos.

À Professora Dra. Ana Carolina Amorim Orrico, por ter incentivado e motivado todos que passaram por sua disciplina a fazer o melhor trabalho sempre.

À minha colega de mestrado Geysane Farias de Oliveira, por compartilhar o seu tempo e dedicação em me auxiliar sempre que precisei. Foi bom poder contar contigo e tens a minha mais sincera gratidão.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade da realização do Mestrado.

**Gratidão!**

“Toda a história da Ciência tem sido a percepção gradual de que eventos não acontecem de uma maneira arbitrária, mas que refletem uma ordem básica, que pode ou não ser divinamente inspirada.”

(Stephen Hawking)

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Insensibilizador de eletrocussão de suínos.. .....	20
Figura 2. Insensibilizador de suínos com dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	23
Figura 3. Esqueleto de suíno e seus grupos vertebrais.....	30
Figura 4. Meia carcaça de suíno com fratura da vértebra sacral.....	31



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efeito do atordoamento por eletrocussão e atordoamento com dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) nas condenações de carcaças e órgãos pela inspeção sanitária no período de 2016 (n=859.375) .....	47
Tabela 2. Diferença nas condenações entre o atordoamento por eletrocussão e o atordoamento com dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) pela inspeção sanitária no ano de 2016 (n=859.375).....	48
Tabela 3. Atributos de qualidade tecnológica do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de suínos submetidos à eletrocussão e por dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) (n=172) .....	49
Tabela 4. Efeito do atordoamento por eletrocussão e atordoamento com dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) em atributos de qualidade de cor e maciez da carne no músculo <i>Longissimus lumborum</i> . .....	51
Tabela 5. Efeito da eletrocussão e atordoamento com dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) na incidência de carcaças PSE/DFD. ....	53

## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA.....	15
1 REVISÃO DE LITERATURA .....	16
1.1 Bem-estar Animal e Manejo Pré-Abate .....	16
1.2 Métodos de Insensibilização .....	17
1.2.1 Insensibilização Elétrica.....	18
1.2.2 Insensibilização Gasosa (CO <sub>2</sub> ).....	21
1.3 Qualidade da Carne Suína.....	23
1.3.1 pH e Capacidade de retenção de água.....	24
1.3.2 Coloração .....	26
1.3.3 Maciez.....	27
1.3.4 Oxidação Lipídica .....	28
1.3.5 Fraturas Ósseas Lombo Sacrais .....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
CAPÍTULO II: Qualidade da Carne de Suínos Insensibilizados ao Abate por eletrocussão ou dióxido de carbono .....	38
RESUMO .....	39
ABSTRACT .....	40
1 INTRODUÇÃO .....	41
2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	42
2.1 Medida de pH.....	43
2.2 Preparação dos Cortes para as Análises .....	43
2.3 Coloração .....	43
2.4 Perda Líquida por Gotejamento (PLG).....	44
2.5 Classificação da Carne em Normal, PSE e DFD .....	44
2.6 Perda de Líquido no Descongelamento (PLD) e na Cocção (PLC).....	44
2.7 Força de Cisalhamento da Carne (FCC) .....	45

2.8 Oxidação Lipídica .....	45
2.9 Índice de Fragmentação Miofibrilar.....	45
2.10 Pigmentos Totais .....	46
2.11 Condenações pela Inspeção Sanitária .....	46
2.12 Impacto econômico .....	46
2.13 Análise Estatística .....	47
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
4 CONCLUSÕES .....	53
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57

## RESUMO

**MARCON, A.V.** Qualidade da carne de suínos submetidos a diferentes métodos de insensibilização no abate. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, 2017, 57 páginas.**

Os principais métodos utilizados para induzir inconsciência de suínos antes do abate são a insensibilização com gás (dióxido de carbono) e a eletrocussão. Ambos os métodos podem causar impacto na qualidade da carne suína. Desta forma, é importante conhecer o quanto influenciam, de forma que as indústrias combinem as demandas específicas de bem estar animal com o gerenciamento para as menores perdas. Esse estudo foi realizado para avaliar os diferentes métodos de insensibilização na qualidade da carne de suínos. Um total de 172 suínos, de mesma origem e linhagem comercial com 180 dias de idade, e peso médio de  $\pm 125$  kg, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos: insensibilização por dióxido de carbono e por eletrocussão. Após o abate foram colhidas amostras do músculo *Longissimus lumborum* (LL), e avaliou-se os parâmetros de qualidade da carne: pH 45 (45 min após o abate), pH 24 (24h após o abate), coloração ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), pigmentos totais, perda de líquido por gotejamento, descongelamento e por cocção, força de cisalhamento, oxidação lipídica, índice de fragmentação miofibrilar, presença de carne PSE e DFD. Avaliou-se o percentual de condenações em carcaça e vísceras pela inspeção sanitária (859.375 suínos), assim como, as perdas financeiras em condenação das mesmas. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do método de atordoamento sobre o pH 24, perda líquida por gotejamento e no descongelamento, oxidação lipídica, índice de fragmentação miofibrilar, força de cisalhamento e incidência de carne PSE/DFD. O *Longissimus lumborum* de suínos atordoados por eletrocussão apresentou maior valor de  $L^*$  ( $P < 0,05$ ), maior perda de líquido na cocção ( $P < 0,001$ ) e menor valor de pH 45 ( $P < 0,05$ ) em relação aos submetidos à insensibilização gasosa. Suínos atordoados com  $CO_2$  apresentaram menor condenação por fratura/contusão na carcaça ( $P < 0,05$ ) e congestão em fígado e rins ( $P < 0,05$ ), proporcionando menores perdas financeiras para a indústria. Conclui-se que a insensibilização por  $CO_2$ , pode propiciar benefícios em relação à qualidade da carcaça e vísceras de suínos em comparação à eletrocussão ao reduzir as perdas causadas à indústria em função de condenações parciais.

**Palavras-chave:** fraturas, vísceras, congestão, condenação, carcaça.

## ABSTRACT

MARCON, A.V. Quality of Pork under Different Types of Stunning in Slaughter. Dissertation (master's in zootechnics) – **Faculty of Agrarian Sciences, Universidade Federal da Grande Dourados, 2017, 57 pages.**

The main methods used to induce unconsciousness in pigs prior to slaughter are gas numbing (carbon dioxide) and electrocution. Both systems may impact the quality of pork. In this way, it is important to know how much they influence, so that industries combine the specific demands of animal welfare with management for the smallest losses. This study was carried out to evaluate the different methods of desensitization in pork quality. A total of 172 pigs, of the same origin and commercial line, with an approximate age of 180 days, and average live weight of 125 kg, were distributed in a completely randomized design in two treatments: desensitization by carbon dioxide and by electrocution. After slaughter, samples of the *Longissimus lumborum* (LL), the following meat quality parameters were evaluated: pH 45, pH 24, color (L \*, a \* and b \*), total pigments, drip water loss, thawing and cooking, lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index, presence of PSE and DFD. The percentage of carcass and viscera convictions was evaluated by sanitary inspection (859,375 pork), as well as the financial losses in condemnation of the same. There was no effect ( $P > 0,05$ ) of the method of stunning on the pH 24, net loss by dripping and thawing, lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index, shear force and meat incidence PSE/DFD. The *Longissimus lumborum* of pigs stunned by electrocution presented higher values of L\* ( $P < 0,05$ ), greater loss of cooking liquid ( $P < 0,001$ ) and lower value of pH 45 ( $P < 0,05$ ) in relation to those submitted to gas desensitization. Pigs stunned with CO<sub>2</sub> received a lower conviction for fracture/contusion in the carcass ( $P < 0,05$ ) and congestion in liver and kidneys ( $P < 0,05$ ), providing minors losses to industry. It can be concluded that CO<sub>2</sub> desensitization can provide benefits in relation to carcass quality and meat compared to electrocution reducing the losses caused to the due to partial convictions.

**Keywords:** fractures, viscera, congestion, condemnation, carcass.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A carne suína é a mais consumida no mundo e a sua produção global vem crescendo em diversos países, com ganhos tanto no mercado interno como, também, no aumento da exportação (USDA, 2017). No Brasil, a produção pecuária é uma das atividades mais importantes do agronegócio nacional, apresentando relevante papel socioeconômico. A suinocultura contribui para a geração de empregos e, por permitir alto retorno econômico por área, auxilia na viabilização de pequenas e médias propriedades (CEPEA, 2016; IBGE, 2017).

O Brasil, há mais de dez anos, ocupa a quarta posição no *ranking* mundial de produção de carne suína. No ano de 2016, produziu cerca de 3,7 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da China (52,9 milhões de toneladas), União Européia (23,4 milhões de toneladas) e Estados Unidos (11,3 milhões de toneladas) (USDA, 2017).

Do total de carne suína produzida no Brasil, 84,8% destinam-se ao mercado interno, em sua maioria, na forma de produtos industrializados, produzidos, principalmente, nos estados brasileiros de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná respondendo, a região Sul, por 66,9% do abate nacional de suínos, seguida pelas Regiões Sudeste (17,6%) e Centro-Oeste (14,5%) (IBGE, 2017).

A suinocultura brasileira tem evoluído muito nos últimos anos. Além da constante evolução genética, muitas foram as mudanças na criação de suínos nos últimos anos, tais como alojamento, alimentação, imunocastração, idade e peso ao abate (BONNEAU; LEBRET, 2010). Essas inovações impactam, diretamente, na obtenção de produtos de melhor qualidade e de maior valor agregado, assegurando, assim, satisfação ao consumidor, tanto no ato da compra, quanto no preparo e consumo da carne suína. Deste modo, é imprescindível que estudos que auxiliem na definição de técnicas adequadas no processo pré e pós abate de suínos sejam realizadas de forma a atender as exigências crescentes em relação à qualidade de carne e redução de perdas econômicas em mercados extremamente competitivos.

A fase de insensibilização é uma das mais críticas no manejo pré-abate, não apenas do ponto de vista do bem-estar, mas também porque pode afetar irreversivelmente a qualidade da carne de suínos (VERMEULEN et al., 2015).

Os métodos mais utilizados para insensibilizar suínos antes do abate são o atordoamento elétrico (eletrocussão e eletronarcose) e a exposição ao dióxido de carbono.

A insensibilização dos suínos por eletrocussão ou sistema de três pontos é um método irreversível, que induz a inconsciência do animal através da passagem de uma corrente elétrica através do cérebro, seguida por morte por fibrilação ventricular, permitindo maior segurança quanto à insensibilidade do suíno antes do abate (LUDTKE et al., 2010), porém é um processo altamente dependente das habilidades do operador (RAULT; JONGMAN, 2014), logo, qualquer falha gera perdas econômicas à indústria e ao bem-estar do animal.

A insensibilização com o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é consequência da depressão da função neuronal como resultado da hipóxia hipercápnica e redução do pH do sistema nervoso central, induzindo perda de consciência (MOTA-ROJAS et al., 2012) quando os animais são expostos a 80-90% de CO<sub>2</sub> (BECERRIL-HERRERA et al., 2009). Apresenta, entretanto, como desvantagem o fato de não induzir a insensibilidade imediatamente (RAULT; JONGMAN, 2014).

A presente dissertação encontra-se dividida em dois capítulos. O capítulo I apresenta uma revisão de literatura sobre o bem-estar e o manejo pré-abate de suínos, os métodos de insensibilização e a qualidade da carne suína. O capítulo II, intitulado: “Qualidade da Carne de Suínos Insensibilizados ao Abate por Eletrocussão ou Dióxido de carbono”, teve por objetivo avaliar os métodos de insensibilização (eletrocussão e gasoso), em um abatedouro comercial quanto aos parâmetros de qualidade do músculo *Longissimus lumborum*, condenações de carcaças e vísceras e o impacto econômico das condenações.

A revisão bibliográfica e o artigo foram escritos de acordo com as normas do programa da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e normas da revista *Meat Science*, respectivamente.

## **CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA**



## 1 REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 Bem-estar Animal e Manejo Pré-Abate

O bem-estar animal é o resultado da somatória das liberdades do indivíduo, como ser livre de sede, fome, desconforto, dor, injúrias, doenças, medo, diestresse e livre para expressar seu comportamento típico. Os princípios básicos para atender a qualidade ética no manejo pré-abate são instalações adequadas, equipe treinada, equipamentos apropriados e eficácia de insensibilização pré-sangria que podem reduzir e aliviar a dor e a ansiedade de forma a reduzir o sofrimento nos animais no abate (LUDTKE et al., 2010).

O manejo pré-abate é uma das etapas de maior importância na produção animal, por envolver procedimentos que podem interferir significativamente no resultado de todo o trabalho realizado durante as fases anteriores, resultando em carcaças de má qualidade. Este consiste na interação entre humanos e animais durante as fases de preparação para o jejum, embarque, transporte, descarregamento e movimentação até a insensibilização e a sangria (BISPO et al., 2016).

As operações pré-abate tem evoluído de maneira a atender o bem-estar dos animais e as exigências de qualidade da carne (RICCI; DALLA COSTA, 2015) devido, principalmente, às preocupações do mercado consumidor em relação à qualidade de vida dos animais e à segurança e qualidade dos produtos alimentares de origem animal consumidos (FAO, 2014). Deste modo, a realização do manejo pré-abate adequado pode agregar valor ao produto final (CARMO et al., 2017), sendo necessário que todos os elos da produção da criação até o abate estejam de forma sincronizadas atendendo às exigências de bem-estar animal (REIS et al., 2015).

Os suínos necessitam passar por um período de jejum antes do transporte para redução de mortalidade, contaminação da carcaça e melhor qualidade da carne (DIAS; SILVA; MANTECA, 2014). Quanto ao embarque e desembarque é importante que sejam realizados de forma calma e eficiente devido à mudança brusca de ambiente (RICCI; DALLA COSTA, 2015). Com relação ao transporte, os itens como a densidade, tipo de veículo, localização do animal no caminhão e a estação do ano podem afetar o

bem-estar dos suínos, com claras consequências na qualidade da carne suína (CORREIA et al., 2013).

Uma vez que os suínos cheguem ao abatedouro, o período de descanso adequado no frigorífico é essencial para o bem-estar dos animais, permitindo que se recuperem do estresse físico e emocional que sofreram durante o transporte. Geralmente um período de duas horas é o suficiente para essa recuperação (LUDTKE et al., 2010; DIAS, SILVA; MANTECA, 2014). Posteriormente, os suínos são manejados até a área de insensibilização que dever ocorrer previamente à sangria. Caso os animais, nessa fase, sejam manipulados rapidamente e em grandes grupos, conseqüentemente, as reações comportamentais são violentas com vocalizações, aglomeramentos e reações de fuga (BISPO et al., 2016).

Manejos realizados de forma inadequada resultam em alterações na produção de metabólitos como o aumento dos níveis de cortisol sanguíneo, além de elevadas quantidades de ácido láctico, resultantes da degradação intensa do glicogênio muscular. Além disso, também pode ocorrer a liberação de catecolaminas, como resultados de medo ou excitação (LUDTKE et al., 2010). Sob condições de estresse, frequentemente, o suíno apresenta hipertermia e, desta forma, a queda rápida do pH gera uma desnaturação das proteínas musculares provocando falhas na qualidade da carne (BISPO et al., 2016).

É de suma importância garantir que os animais, durante a sangria, estejam insensibilizados (LUDTKE et al., 2010). A confiabilidade do equipamento de insensibilização tornou-se prioridade, seja para a melhor eficiência do abate, seja pelas questões éticas relativas ao não sofrimento animal. Deste modo, há grande disposição por parte das agroindústrias em se investir, se necessário, em equipamentos sofisticados e modernos, que possam, também, trazer benefícios na melhoria da qualidade da carne e da carcaça (KRISTENSEN et al., 2014).

## **1.2 Métodos de Insensibilização**

A insensibilização é uma prática obrigatória na legislação brasileira, considerada como requisito mínimo à proteção dos animais de produção durante o abate e está contido dentro de um programa definido como abate humanitário. Os métodos de

insensibilização para abate humanitário de animais estão regulamentados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), de acordo com anexo da Instrução Normativa (IN) nº 3, de 17 de janeiro de 2000. As técnicas de insensibilização aprovadas por esta instrução normativa são: mecânicos (percussivo penetrativo e não penetrativo), elétrico (eletronarcose e eletrocussão) e exposição à atmosfera controlada (dióxido de carbono) (BRASIL, 2000).

Na comunidade europeia, existe o regulamento (CE) nº 1099/2009, estabelecendo que os animais só possam ser abatidos após a insensibilização, e esta deve ser efetuada em conformidade com os métodos e requisitos específicos que acarretem a perda de consciência e insensibilidade à dor, incluindo qualquer processo que resulte em morte instantânea.

Os animais devem ser imobilizados antes da insensibilização e o local deve possuir estratégias de redução do estresse. Animais estressados são mais propensos a lutar durante o processo de paralisação, aumentando as chances de um de atordoamento ineficaz (FAO, 2007; ATKINSON, 2012). O tempo entre a imobilização e a insensibilização deve ser curto. Os operários devem ser treinados e competentes para executar e reconhecer se a insensibilização dos animais foi eficiente, avaliando-os antes de iniciar qualquer outro procedimento. Um equipamento de insensibilização adicional deve estar disponível para uso imediato quando o atordoamento não for eficaz (FAO, 2007).

Internacionalmente, os dois métodos mais comumente usados para fins comerciais de insensibilização pré-abate de suínos são o atordoamento elétrico (eletrocussão e eletronarcose) e a exposição ao dióxido de carbono (BECERRIL-HERRERA et al., 2009). Nos frigoríficos brasileiros, o método mais empregado para abate de suínos é o da insensibilização elétrica (BRASIL, 2000).

### **1.2.1 Insensibilização Elétrica**

A insensibilização elétrica é um dos métodos de atordoamento mais utilizado para diferentes espécies de animais destinados ao abate, principalmente suínos (LOPEZ; CASP, 2004). O objetivo deste tipo de insensibilização é induzir a inconsciência do animal através da passagem de uma corrente elétrica através do cérebro, de magnitude suficiente para torná-lo insensível (LUDTKE et al., 2010).

No entanto, muitos sistemas de insensibilização elétricos não têm capacidade para produzir um atordoamento adequado, resultando em efeitos prejudiciais à qualidade da carne e da carcaça (GREGORY, 2008).

A insensibilização elétrica de suínos pode ser dividida em dois tipos. Um deles é a insensibilização com baixa frequência (50 ou 60Hz) de ondas senoides e corrente alternada no eletrodo cardíaco, causando fibrilação cardíaca e morte do suíno. Esse sistema de insensibilização, mais conhecido por eletrocussão, ou também chamado de 3 pontos, não é reversível, visto que induz à inconsciência do animal, seguida de morte por fibrilação ventricular. Este método assegura, se aplicado corretamente, maior segurança de insensibilidade do suíno antes da sangria (LUDTKE et al., 2010) possuindo, conseqüentemente, vantagens em relação ao bem-estar animal. Por outro lado, reduz a eficiência de sangramento pode afetar negativamente a qualidade da carne (SABOW; NAKYINSIGED; ADEYEMIA, 2017).

O segundo tipo é a insensibilização elétrica com alta frequência (acima de 100 Hz) e utilização restrita ao eletrodo da cabeça, sem causar a morte do animal, por não causar a fibrilação cardíaca. Para assegurar o não retorno da sensibilidade, a sangria deve ser realizada rapidamente (LUDTKE et al., 2010). Alta frequência elétrica, quando aplicada, reduz o dano da carcaça e aumenta a eficiência de sangramento (SABOW; NAKYINSIGED; ADEYEMIA, 2017).

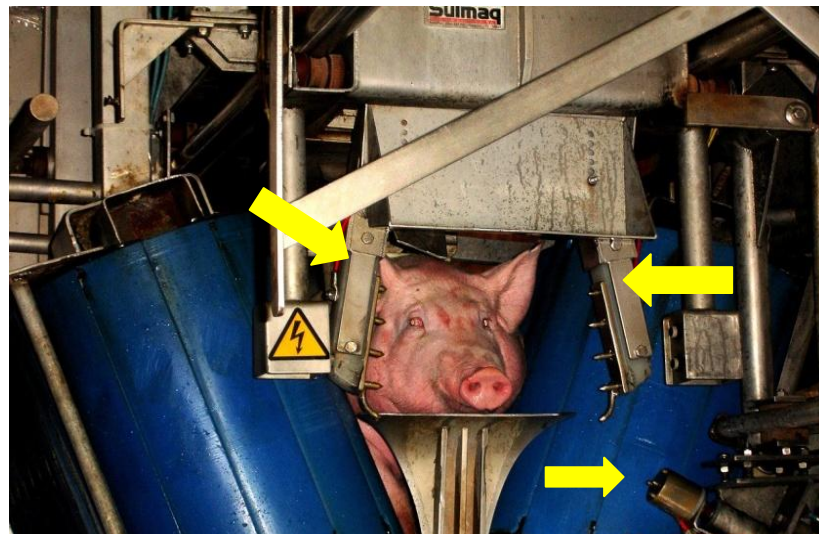
Existem duas fases distintas em um sistema de atordoamento elétrico efetivo: a fase tônica e a fase clônica (LUDTKE et al., 2010).

A fase tônica dura entre 10 e 20 segundos e o suíno manifesta perda da consciência, com colapso imediato (queda), a musculatura torna-se contraída, evitando o funcionamento da maioria dos reflexos básicos. Esta fase é desprovida de atividades complexas relacionadas à consciência, o animal encontra-se com ausência de respiração rítmica, a pupila torna-se dilatada, sem reflexo corneal e reflexo de sensibilidade a estímulos dolorosos. Posteriormente, passa-se a atividade clônica que dura 15 a 45 segundos e o suíno manifesta relaxamento gradual da musculatura com pedaleio ou chutes involutários e ausência de atividades, como respiração e reflexos pupilares (LUDTKE et al., 2010).

Uma vez que a inconsciência deve ser mantida até a morte, o intervalo máximo de tempo entre o final do atordoamento e a sangria, para manter o nível aceitável da

manutenção da inconsciência até a morte, é de até 32 segundos. Após este período, a inconsciência diminui significativamente com o aumento do tempo entre o atordoamento e a sangria (VÉGH; ABONYI-TÓTH; RAFAI, 2017).

O atordoamento elétrico gera preocupações relacionadas ao bem-estar dos animais em função do sistema de contenção. Os sistemas elétricos automatizados, que utilizam contentores em forma de V, conforme demonstrado na figura 1 podem falhar, tendo em vista o posicionamento incorreto do eletrodo, relacionados à variação no tamanho do animal, velocidade da linha de abate ou um desenho ruim do sistema. A correta colocação dos eletrodos deve ser assegurada em todos os métodos elétricos (LOPEZ; CASP, 2004). Os problemas detectados são resolvidos através da implementação de ajustes ao insensibilizador, manutenção preventiva, calibração do equipamento, treinamento da equipe, consciência de gestão e do bem-estar animal (GONZALÉZ; ROMERO; SÁNCHEZ, 2014).



**Figura 1.** Insensibilizador de eletrocussão de suínos. Fonte arquivo pessoal.

Os defeitos de qualidade da carne que são influenciados pela insensibilização por eletrocussão incluem fraturas ósseas (pélvis e vértebras), petéquias devido a ruptura de capilares, contusões e presença de carne pálida, macia e exsudativa (TRAORE et al., 2012).

### 1.2.2 Insensibilização Gasosa (CO<sub>2</sub>)

O método de insensibilização gasosa começou a ser utilizado na década de 50, principalmente nos Estados Unidos e na Dinamarca. Consiste em submeter os animais a uma câmara com alta concentração de CO<sub>2</sub> (70-90%), durante um tempo entre 45 segundos a 1 minuto (LOPEZ; CASP, 2004).

Em condições comerciais, na insensibilização com gases, os animais são expostos a um gradiente de concentração de dióxido de carbono, que vai aumentando à medida que o compartimento desce, até que atinja entre 80 a 95% de CO<sub>2</sub> mesclado com ar atmosférico (RODRIGUEZ et al., 2008; DIAS; SILVA; MANTECA, 2014). Os sistemas de CO<sub>2</sub> são normalmente operados com portões hidráulicos móveis que gradualmente separam os suínos em pequenos grupos (Figura 2). Há diferenças nos modelos quanto ao tamanho, mas o protocolo é similar a todos: existência de uma caixa que desce como um elevador em um poço onde o gradiente de CO<sub>2</sub> aumenta (ATKINSON, 2012).

A insensibilização pelo dióxido de carbono possui, aparentemente, efeitos semelhantes aos demais gases anestésicos e se desenvolve em três fases: analgesia, excitação e anestesia (WEINBERG, 1980).

Na fase de analgesia o animal perde progressivamente a consciência, apresentando-se calmo, com duração de 15 segundos. Na fase de excitação, o animal apresenta respiração mais rápida, profunda, contrações e vocalizações com duração de 20 segundos, mantendo-se em estado de inconsciência e, portanto, sem sofrimento. A terceira fase de anestesia, o animal se torna totalmente inconsciente e insensível à dor (WEINBERG, 1980).

A exposição dos animais ao gás provoca aumento da tensão de CO<sub>2</sub> no sangue arterial, gera depressão da atividade do sistema nervoso central, causada por uma acidificação das células cerebrais, como resultado da hipoxia hipercápica, bloqueando as terminações nervosas e reduzindo a velocidade dos impulsos nervosos, provocando perda de consciência ou, quando prolongada, morte (MOTA-ROJAS et al., 2012). A frequência respiratória acelera nos primeiros segundos após a exposição ao CO<sub>2</sub> melhorando a circulação, após esse período diminui, chegando quase a parar na saída da câmara, e se o animal segue respirando dentro da câmara, morre em 4 a 5 minutos. Caso

seja removido da câmara, se recupera em cerca de 1 a 3 minutos (LOPEZ; CASP, 2004).

A insensibilização ineficaz ou sem sucesso ocorre por várias razões, tais como a concentração baixa de dióxido de carbono ou o tempo de exposição curto, seja por falha nos equipamentos, seja por fatores relacionados com operação inapropriada dos equipamentos, ou por falha no treinamento dos funcionários (ACEVEDO-GIRALDO; ROMERO; SANCHEZ, 2016).

Como consequência, os animais não sofrem a inibição do cérebro necessária à perda de consciência de forma a atingir a insensibilidade, conduzindo a diferentes manifestações e reflexos comportamentais. O método de insensibilização por CO<sub>2</sub> apresenta vantagens ao permitir a condução dos animais automaticamente para o sistema de imobilização, eliminando o estresse associado ao manejo humano, excluindo-se totalmente o uso de equipamentos elétricos para mover suínos até os insensibilizadores (GRANDIN, 2008; MOTA-ROJAS et al., 2012) e fornecendo segurança ao manejador. Ainda, é vantajoso em relação ao bem-estar animal, visto que os animais podem ser manipulados e atordoados em grupos, e não individualmente (MOTA-ROJAS et al., 2012).

Os suínos atordoados nesse sistema são insensibilizados com eficiência desde que o tempo de exposição e as concentrações de CO<sub>2</sub> sejam adequados ao tamanho do grupo (ATKINSON, 2012). Ao ser inalado, o CO<sub>2</sub> não deixa resíduos tóxicos nos tecidos e não se acumula no sangue, reduz a incidência de hemorragias musculares e problemas relativos à qualidade da carne (CHANNON; PAYNE; WARNER, 2002).

Entretanto, embora este método seja considerado como humanitário, existem controvérsias entre pesquisadores acerca do bem-estar de suínos atordoados por CO<sub>2</sub>, devido ao intervalo longo para o atingimento da completa insensibilidade do animal, em comparação à insensibilização elétrica. Na insensibilização gasosa, só após 30 segundos do início da indução é que toda atividade motora cessa e a respiração dos suínos torna-se fraca. Neste intervalo, os suínos exibem movimentos de cabeça, espirros, ofegação, excitação muscular e vocalizações, comportamentos que ocorrem quando o animal ainda está consciente, evidenciando que a indução à anestesia com CO<sub>2</sub> não é imediata e os suínos podem sofrer por medo, dor e estresse durante a imersão em gás (RODRIGUEZ et al., 2008). Por outro lado, pesquisas indicaram que a inconsciência

ocorre antes do início da fase de excitação, e no período anterior a esta fase há um padrão eletroencefalográfico de alta amplitude e baixa frequência, indicando que o animal está inconsciente durante a atividade motora violenta, portanto, a insensibilização com CO<sub>2</sub> pode ser considerada um método humanitário (WEINBERG, 1980; LOPEZ; CASP, 2004).



**Figura 2.** Insensibilizador de suínos com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Fonte: Arquivo Pessoal.

### 1.3 Qualidade da Carne Suína

Os fatores envolvidos na qualidade da carne de suínos incluem pH, cor, maciez, capacidade de retenção de água e composição química. Todos esses fatores são influenciados pela raça, bem como os processos envolvidos na criação, abate, processamento e armazenamento (PEARCE et al., 2011). As operações pré-abate, tais como: embarque, transporte e atordoamento podem influenciar significativamente em sua qualidade, modificando suas características organolépticas notavelmente (PEARCE et al., 2011).

Cada estágio do processo pré-abate tem seu impacto sobre a qualidade da carne de suínos, porém, quanto mais próximo da fase de insensibilização, mais crítico na ocorrência de defeitos de qualidade (VERMEULEN et al., 2015).

Condições na insensibilização que ocasionem estresse ao animal refletem-se negativamente no sabor, textura e aparência da carne, determinados por suas



propriedades bioquímicas. Esses traços de qualidade são importantes, pois determinam o apelo visual e a aceitabilidade sensorial, além das razões econômicas, já que a indústria perde dinheiro devido à cor indesejável e devido à perda de peso do produto (HUGHES et al., 2014).

### **1.3.1 pH e Capacidade de retenção de água**

A aferição do pH tem sido universalmente aceita para avaliar a qualidade da carne suína. Os valores de pH inicial e pH final, medidos, respectivamente, aos 45 minutos e 24 horas após o abate, mostraram-se eficientes em indicar carcaças suínas com características PSE, DFD e de qualidade normal, e por isso sugere-se sua utilização em condições operacionais de rotina industrial (BERNARDES; PRATA; PEREIRA, 2007).

O pH da carne suína é fator importante na determinação de sua qualidade (KIM et al., 2016), uma vez que quase todas as suas características tecnológicas e de qualidade são tipicamente influenciadas pela velocidade de queda *post mortem* do pH muscular (PEARCE et al., 2011).

A alteração no pH influenciado pela insensibilização é devido ao fator estressante com súbita secreção de catecolaminas pela medula da glândula adrenal, ativada pelo sistema nervoso simpático. A quantidade desses hormônios na corrente sanguínea correlaciona-se diretamente com a intensidade do estresse (WEIKER; HACK; HAGELE, 1984), em que são ativados sistemas enzimáticos, aumentando a degradação da glicose muscular a ácido lático, que geram a queda do pH dos músculos pela ausência da circulação do sangue após a morte do animal.

O pH mais baixo devido à rápida produção de ácido lático, em conjunto com elevada temperatura da carcaça, provoca desnaturação de proteínas miofibrilares e sarcoplásmicas), contribuindo para o aumento do risco de características inaceitáveis, tais como mudanças na cor, baixa capacidade de retenção de água, perda da maciez e/ou sabor e baixa funcionalidade protéica durante processamento (KIM; WARNER; ROSENVOLD, 2014; VERMEULEN et al., 2015). Esta condição pode estar fortemente associada ao manejo de insensibilização, uma vez que ocasionem estresse ao animal (HUGHES et al., 2014).

A capacidade de retenção de água é correlacionada negativamente com o pH inicial e positivamente associada ao pH final (KIM et al., 2016) e determina tanto a perda por gotejamento na carne suína crua quanto a perda de líquido durante os procedimentos de cocção (PEARCE et al., 2011) por afetar a carne antes do cozimento, durante o cozimento, além de influenciar diretamente na suculência após o preparo (LOPEZ; CASP, 2004).

Os níveis de perda de gotejamento na carne de suínos podem chegar a 12% de peso da carcaça, acarretando perdas econômicas e afetando negativamente a qualidade, tanto da carne fresca, quanto a processada (PAREDI et al., 2012).

A porcentagem de perda de água por gotejamento pode ser afetada por vários fatores *ante e post mortem* (YOUNG; BERTRAM; OKSBJERG, 2009). Há um efeito notável do método de insensibilização na capacidade de retenção de líquido da carne, resultando em perdas médias de gotejamento de 6,4, 8,3 e 8,6%, na insensibilização com CO<sub>2</sub>, eletrocussão e a pistola de dados cativos, respectivamente (BERTRAM et al., 2002).

A velocidade de queda do pH *post mortem* é um importante determinante da capacidade de retenção da água, uma vez que a desnaturação das proteínas sarcoplásmicas é agravada pela queda rápida do pH aliada à elevada temperatura corporal (LOPEZ; CASP, 2004).

Embora a qualidade final da carne suína não possa ser predita exclusivamente pelo pH ou temperatura, é evidente a importância de se evitar condições que propiciem a combinação de elevada temperatura da carcaça e baixo pH muscular no período inicial *post mortem* (HAMBRECHT; EISSEN; VERSTEGEN, 2003).

A água é o componente presente em maior quantidade na carne, e sua capacidade de retenção é uma das preocupações da produção, uma vez que pode alterar significativamente as propriedades sensoriais da carne, determinando o sucesso ou o fracasso de um produto em relação à satisfação ou aceitação do consumidor (POSPIECH; MONTOWSKA, 2011).

O gotejamento é um fluido avermelhado, consistindo principalmente de água e proteínas, que pode ser expulso de superfícies cortadas, de músculos, ou pedaços de carne sem qualquer força mecânica que não a gravidade (OFFER; KNIGHT, 1988).

De modo geral, tanto a excessiva, quanto a limitada taxa de glicólise, afetam a capacidade de retenção de água da carne, favorecendo o aparecimento de carnes com defeitos de qualidade como a PSE (pale, soft, exsudative) e DFD (dark, firm, dry), respectivamente. A carne PSE é um grande problema para os processadores de carne suína, pois a baixa capacidade de retenção de água tende a desestruturar a carne, especialmente quando cortadas finamente, sendo limitantes para a produção de derivados da carne, porque não cumprem as especificações técnicas necessárias para o processamento, além de ter menor aceitabilidade por parte do consumidor e limitar sua comercialização (CASTRILLÓN; FERNANDÉZ; RESTREPO, 2007).

### **1.3.2 Coloração**

A cor é um dos atributos mais importantes da carne. É o atributo primário pelo qual as carnes frescas e curadas são julgadas pelo consumidor antes da compra. Geralmente essa característica é avaliada cerca de 24 h após o abate, e depois nas prateleiras de supermercados durante a compra (KIM; WARNER; ROSENVOLD, 2014).

A cor muscular depende da concentração de pigmentos, sobretudo mioglobina, estado químico da mioglobina e extensão da dispersão da luz (KIM; WARNER; ROSENVOLD, 2014). Independente de fatores extrínsecos, o pH e a taxa de glicólise exercem influência decisiva na conversão da mioglobina em oximioglobina e, baseado nestes dois fatores, ocorrem colorações indesejáveis, por exemplo, carnes de coloração escura ou excessivamente pálidas. Essas anomalias não são consequência do estado químico do pigmento, mas resultado de uma quantidade exagerada de água ligada aos músculos e de sua influência na reflexão da luz (PARDI et. al., 2006) que pode ser influenciada por alteração no pH (WEIKER; HACK; HAGELE, 1984).

Medidas de coloração da carne podem ser realizadas por meio do uso de colorímetros. Um espaço de cor pode ser descrito como um método para se expressar a cor de um objeto, usando algum tipo de notação, como os números, por exemplo. A CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), considerada como a autoridade na ciência de luz e cor, definiu três espaços de cor, CIE XYZ, CIE L\*C\*h e CIE L\*a\*b\* para a comunicação e expressão das cores (MINOLTA, 1998).

O intervalo de cor  $L^*a^*b^*$ , também conhecido como intervalo CIELAB, é, atualmente, o mais popular dos espaços de cores uniformes usado para sua avaliação. Esse intervalo de cor é amplamente utilizado, pois correlacionam, consistentemente, os valores de cor com a percepção visual (MINOLTA, 1998).

O intervalo de cor  $L^*a^*b^*$  foi criado após a teoria de cores opostas, em que duas cores não podem ser verdes e vermelhas ao mesmo tempo, ou amarelas e azuis ao mesmo tempo. O  $L^*$  indica a luminosidade e o  $a^*$  e  $b^*$ , são as coordenadas cromáticas.

Valores de  $L^*$  igual a zero correspondem ao preto e 100 ao branco. Os valores de  $a^*$  variam de  $-a^*$  (verde) até  $+a^*$  (vermelho). Os valores de  $b^*$  variam de  $-b^*$  (azul) à  $+b^*$  (amarelo) (MINOLTA, 1998).

As mensurações objetivas de cor sofrem influências do sistema de insensibilização adotado e do programa de seleção genética utilizado para cada híbrido (BERTOLONI et al., 2006).

A cor mais clara da carne pode ser atribuída ao rápido declínio do pH que resulta na desnaturação particularmente da mioglobina e/ou miofibrilar (KIM; WARNER; ROSENVOLD, 2014), podendo ser ocasionada por condições na insensibilização que proporcionem estresse ao animal (HUGHES et al., 2014).

### **1.3.3 Maciez**

A maciez é importante para satisfação e compra repetida pelo consumidor (WARNER et al., 2017) que busca a apreciação da carne quanto a textura, suculência e sabor, características altamente relacionadas com a experiência de qualidade (LYFORD et al., 2010).

Essencialmente, a maciez depende de fatores intrínsecos e fatores extrínsecos (CHANNON, et al., 2016) que podem ter influência em maior ou menor grau pelo genótipo, e manejos pré ou pós-abate (WARNER et al., 2010).

Um forte rigor pode ocasionar carnes mais duras. Imediatamente após o abate, a carne é macia e tem baixa força de cisalhamento. A dureza que está presente nesta carne pré-rigor é influenciada pelo seu tecido conjuntivo e conteúdo de marmoreio. No entanto, uma vez que a carne entra em rigor, esses dois componentes juntos representam apenas 20% da variação na sua maciez (GREGORY, 1998).

Utilizando diferentes sistemas de atordoamento (gás, elétrico e não insensibilizado), Linares, Bórnez e Vergara (2008) observaram que os animais atordoados com gás apresentaram a carne mais macia, o que pode ter sido, segundo os autores, decorrente dos valores de pH obtidos nas 24 horas *post-mortem*.

A oxidação das carnes, fator relacionado à maciez, é também influenciada pelo pré-abate e não é totalmente clara a resposta animal (LINARES, BÓRNEZ; VERGARA 2007). Gregory (2008) relata que os maiores benefícios em termos de qualidade da carne são os que provêm da redução do estresse no manejo pré-abate, durante as etapas finais antes do abate.

A maciez da carne pode ser medida por métodos subjetivos ou objetivos. O método subjetivo se utiliza de painel sensorial, em que um grupo de pessoas treinadas classifica a carne em relação à sua maciez, após testes sensoriais. O procedimento objetivo utiliza equipamentos, como o texturômetro, que mensura a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne, e, quanto maior a força dispensada, menor é a maciez apresentada pelo corte cárneo (BOUTON; HARRIS; SHORTOSE, 1971).

A avaliação objetiva da maciez por métodos mecânicos vem sendo estudada há muitos anos e tem sido a principal ferramenta utilizada em estudos envolvendo a textura da carne (PINTO; PONSANO; ALMEIDA, 2010).

Um indicador associado à maciez da carne é a fragmentação das miofibrilas (IFM) em que amostras que apresentam valor de IFM igual ou superior a 60 são considerados muito macias. Amostras que possuem valores em torno de 50 são levemente macias e valores abaixo de 50 indicam ausência de maciez na carne (CULLER; PARRISH; SMITH; CROSS, 1978).

#### **1.3.4 Oxidação Lipídica**

A carne é um produto perecível sujeito à deterioração microbiana e química, como a oxidação lipídica. A maioria dos produtos cárneos possui quantidade significativa de lipídios, essencialmente formados por triacilgliceróis (KARAKAYA; BAYRAK; ULUSOY, 2011).

A oxidação lipídica é uma das principais causas de deterioração não microbiana da carne, especialmente sob condições pró-oxidativas (SOYER et al., 2010) em que há a

presença de maiores concentrações de ferro e mioglobina, poderosos agentes promotores da oxidação lipídica presentes no sangue (ALVARADO et al., 2007). A oxidação das carnes pode ser motivada pelo manejo pré-abate, contudo, pouco se sabe ainda sobre os efeitos específicos de manejos estressantes (LINARES; BÓRNEZ; VERGARA, 2007).

Outra condição pró-oxidativa que pode promover a oxidação lipídica é quando os animais são obrigados a exercitar-se intensamente, propiciando a formação de metabólitos de peroxidação lipídica (GREGORY, 2008). A insensibilização com dióxido de carbono não requer restrição de confinamento e isolamento social o que diminui os indutores de estresse de fuga (RAULT et al., 2015) e, então, os animais exercitam-se menos antes da insensibilização. No entanto, o atordoamento por dióxido de carbono não induz a insensibilidade imediatamente, e neste intervalo, os suínos exibem movimentos de cabeça, espirros, ofegação, excitação muscular e vocalizações (RODRIGUEZ et al., 2008), o que poderia gerar condição pró-oxidativa (GREGORY, 2008).

O uso por 10 minutos de uma esteira rolante (3,8 km/h) como exercício aos suínos no manejo pré-abate, com posterior insensibilização com CO<sub>2</sub>, resultou em desenvolvimento de peróxidos ligeiramente maior na carne de suínos, quando comparado à carne de suínos não exercitados (YOUNG et al., 2003). Se isso foi devido ao seu maior exercício, à potência de radicais de carbonato como agentes oxidantes de lipídios da membrana ou à insensibilização, não está claro (GREGORY, 2008).

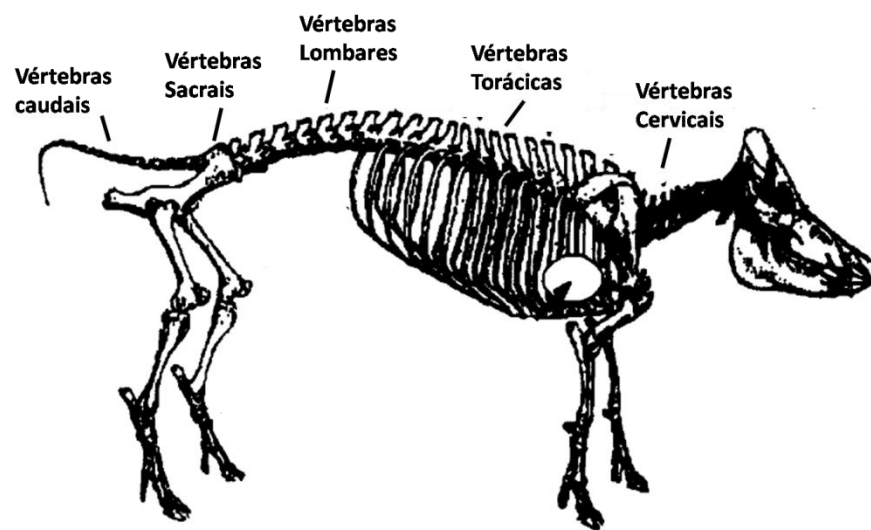
A susceptibilidade à oxidação se deve às altas concentrações de lipídios insaturados, pigmentos heme, catalisadores e vários diferentes tipos de agentes oxidativos presentes no tecido muscular. A deterioração oxidativa em carnes se manifesta com a mudança na coloração, sabor, formação de compostos tóxicos, menor vida de prateleira, perda de nutrientes e água (CONTINI et al., 2014).

### **1.3.5 Fraturas Ósseas Lombo Sacrais**

A coluna vertebral é composta por várias vértebras articuladas entre si desde o crânio até a cauda. O número de vértebras que constituem a coluna vertebral varia de espécie para espécie, porém distingue-se, nos suínos, as vértebras cervicais (7),

torácicas (14-15), lombares (6-7), sacrais (4) e caudais (20-23) (DYCE; SACK; WENSING, 2009), conforme demonstrado na figura 3.

No abatedouro é possível destacar a presença de fraturas nas vértebras, afetando as condições das carcaças (BORZUTA et al., 2007). As vértebras de suínos que mais fraturam durante o processo de abate são a segunda vértebra sacral (S2) (Figura 4), seguida da primeira vértebra sacral (S1), mas há também presença de fraturas nas vértebras lombares (ALBERTON et al., 2016).



**Figura 3.** Esqueleto de suíno e seus grupos vertebrais. (Adaptado de Wotton et al., 1992).

A frequência em que ocorrem as fraturas lombo sacrais, segundo Borzuta et al. (2007), é de até 8% dos animais abatidos, contudo, independentemente da localização da fratura na coluna vertebral, esta danifica uma das partes mais valiosas da carcaça, ou seja, o lombo.

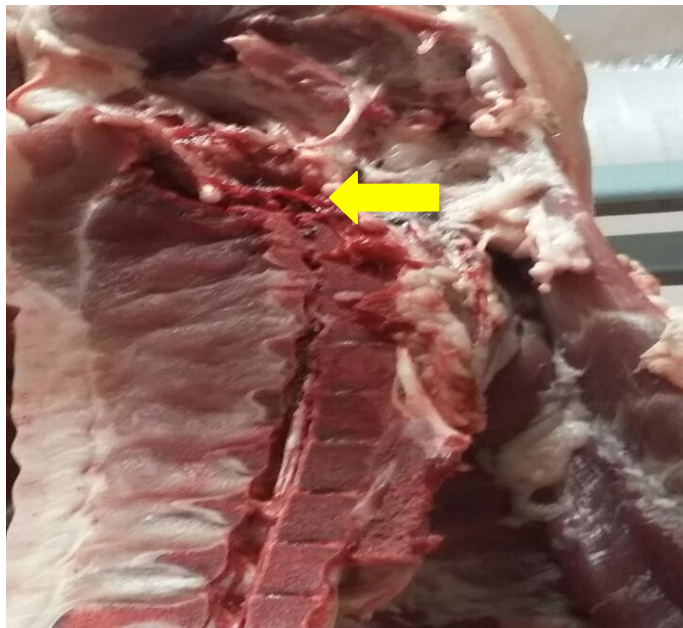
As hemorragias musculares são observadas regularmente na presença da fratura, circundando-a. Desenvolvem-se secundariamente às fraturas das vértebras, onde o lombo se liga à coluna vertebral, sem reação inflamatória, o que mostra que as lesões são mais propensas a se desenvolver em torno do período de insensibilização (DICH-JORGENSEN et al., 2016).

As fraturas em vértebras lombossacrais acontecem com frequência durante o abate de suínos eletricamente atordoados. A grande massa representada pelos músculos

da região transfere força para as vértebras durante a contração muscular, gerando fraturas em consequência do uso da insensibilização elétrica (ALBERTON et al., 2016).

A prevalência de ossos quebrados depende de vários aspectos, o mais citado é a posição do eletrodo do peito. Quando o eletrodo é colocado na região da quarta à sétima vértebra cervical não há quebras, mas, apenas 63% dos suínos apresentam parada cardíaca. Por outro lado, quando o eletrodo é colocado no peito, a prevalência de parada cardíaca é de 100%, embora alguns suínos possam sofrer de fraturas de vértebras (WOTTON et al., 1992).

Deste modo, a insensibilização com CO<sub>2</sub> pode melhorar a qualidade da carne, proporcionando menos hemorragias e fraturas (DALMAU et al., 2010).



**Figura 4.** Meia carcaça de suíno com fratura da vértebra sacral. Fonte: Arquivo pessoal.

Em conclusão, as técnicas adotadas no manejo de insensibilização podem influenciar direta ou indiretamente a qualidade da carne e carcaças de suínos. Isso se deve ao fato de que o músculo, durante o processo de sua conversão em carne, poderá sofrer inúmeras transformações bioquímicas após a insensibilização e abate. Desta maneira, é importante conhecer o quanto influenciam, de forma que as indústrias combinem as demandas específicas de bem-estar animal com o gerenciamento para as menores perdas, disponibilizando produtos que atendam às exigências dos consumidores.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-GIRALDO, D. J.; ROMERO, M. H.; SANCHEZ, J. A. Efectividade dos métodos de aturdimiento de cerdos: Electronarcosis de Tres Puntos y Narcosis con CO<sub>2</sub>. **Revista de Investigaciones Veterinárias del Perú**, v. 27, p. 668-679, 2016.

ALBERTON, G. C. et al. Aspectos Macroscópicos de vértebras de suínos fraturados durante o processo de abate. **Archives of Veterinary Science**, v. 21, n. 3, 2016.

ALVARADO, C.Z. et al. The effect of blood removal on oxidation and shelf life of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 86, n. 1, p. 156-161, 2007.

ATKINSON, S; et al. Assessing pig welfare at stunning in Swedish commercial abattoirs using CO<sub>2</sub> group-stun methods. **Animal Welfare**, v. 21, p. 487-495, 2012.

BECERRIL-HERRERA, M.A. et al. CO<sub>2</sub> stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. **Meat Science**, v. 81, n. 1, p. 233–237, 2009.

BERNARDES, L. A. H.; PRATA, L. F.; PEREIRA, G. T. Eficiência da monitoração de pH (45min e 24h), no músculo *Longissimus dorsi*, na predição de atributos de qualidade da carne suína. **Veterinária e Zootecnia**, v. 14, n. 2, p. 176-192, 2007.

BERTOLONI, W. et al. Avaliação de diferentes híbridos de suínos submetidos à insensibilização elétrica e gasosa (CO<sub>2</sub>) – Mensurações objetivas de qualidade. **Ciência Tecnologia Alimentar**, v. 26, p. 343-351, 2006.

BERTRAM, H. C. et al. Post mortem energy metabolism and meat quality of porcine M-longissimus dorsi as influenced by stunning method - A P-31 NMR spectroscopic study. **Meat Science**, v. 62, p. 113–119, 2002.

BISPO, L. C. D. et al. Bem-estar e manejo pré-abate de suínos: Revisão. **Pubvet**, v. 10, p. 795-872, 2016.

BONNEAU, M.; LEBRET, B. Production systems and influence on eating quality of pork. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 293-300, 2010.

BORZUTA, K. et al. Investigations of the factors influencing damages of the spinal column during electrical stunning of swine. **Archive Tierzucht**, v. 50, p. 152-160, 2007.

BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V.; SHORTOSE, W. R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v. 36, n. 3, p. 435-439, 1971.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa n. 3. de 07 de janeiro de 2000**. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. Brasília-DF. 2000.

CASTRILLÓN W.E.; FERNANDÉZ, J.A.; RESTREPO, L.F. Variables asociadas con la presentación de carne PSE (Pálida, Suave, Exudativa) en canales de cerdo. **Revista Colombiana Ciencia Pecuaria**, v. 20, p. 327-338, 2007.

CARMO, I.B. et al. Bem-estar em suínos: manejo no pré-abate: Revisão. **Pubvet**, v. 11, n. 10, p. 966-969, 2017.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB agronegócio**. 2016. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

CHANNON, H. A. et al. Estimating the impact of various pathway parameters on tenderness, flavour and juiciness of pork using Monte Carlo simulation methods. **Meat Science**, v. 116, p. 58-66, 2016.

CHANNON, H. A.; PAYNE, A. M.; WARNER, R. D. Comparison of CO<sub>2</sub> stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. **Meat Science**, v. 60, p. 63-68, 2002.

CONTINI, C. et al. Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1171-1176, 2014.

CORREIA, J.D. et al. Welfare and carcass and meat quality of pigs being transported for two hours using two vehicle types during two seasons of the year. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, p. 43-55, 2013.

CULLER, R.D. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristic of bovine *Longissimus muscle*. **Journal of Food Science**, v.43, p. 1177-1180, 1978.

DALMAU, A. et al. Stunning pigs with different gas mixtures: aversion in pigs. **Universities Federation Animal Welfare**, v. 19, p. 325-333, 2010.

DIAS, C. P.; SILVA, C. A.; MANTECA, X. **Bem estar dos Suínos**. Londrina, 2014.

DICH-JORGENSEN, K. et al. Characterization of hemorrhages in the tenderloins of slaughter pigs. **Meat Science**, v. 121, p. 250-252, 2016.

DYCE, K.; SACK, W.; WENSING, C. **Textbook of Veterinary Anatomy**. 4. ed. Elsevier –Health Sciences Division, 2009.

EUROPEAN COMMISSION. Council Regulation (EC) No 1099/2009 of 24 September 2009 on the protection of animals at the time of killing. OJ L 303,18.11.2009, 1-30. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32009R1099>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Producción y sanidad animal. Buenas Prácticas para la Industria de la Carne.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Fundación Internacional Carrefour, Roma, 2007. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-y5454s.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2017

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Review of animal welfare legislation in the beef, pork, and poultry industries.** 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4002e.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

GONZALÉZ, L. M.; ROMERO, M. H.; SÁNCHEZ, J. A. Assessment of the effectiveness of electrical stunning method in swine. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v. 46, p. 139-143, 2014.

GRANDIN, T. C. **Carbon Dioxide Stunning.** July 2008. Disponível em: <<http://www.grandin.com/references/humane.slaughter.html>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

GREGORY, N. G. Animal Welfare and the Meat Market. In: GREGORY, N. G. (Ed.). **Animal Welfare and Meat Science.** CABI Publishing Company, 1998.

GREGORY, N. G. **Animal welfare and meat production UK:** CABI, p. 299, 2008.

HAMBRECHT, E.; EISSEN, J.; VERSTEGEN, M. W. A. Effect of processing plant on pork quality. **Meat Science**, v. 64, n. 2, p. 125-131, 2003.

HUGHES, J. M. et al. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v. 98, p. 520-532, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Trimestral de Abates.** 2017. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/abate-leite-couro\\_201701caderno.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro_201701caderno.pdf)>. Acesso em: 2 jul. 2017.

KARAKAYA, M.; BAYRAK, E.; ULUSOY, K. Use of natural antioxidants in meat and meat Products. **Journal of Food Science and Engineering**, v. 1, n. 1, p. 1, 2011.

KIM, T.W. et al. Pork Quality Traits According to Postmortem pH and Temperature in Berkshire. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 36, n. 1, p. 29-36, 2016.

KIM, Y.H.B.; WARNER, R.D.; ROSENVOLD, K. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review. **Animal Production Science**, v. 54, n. 4, p. 375-395, 2014.

KRISTENSEN, L. et al. Trends in meat science and technology: The future looks bright, but the journey will be long. **Meat Science**, v. 98, p. 322-329, 2014.

- LINARES, M. B.; BORNEZ, R.; VERGARA, H. Effect of different stunning systems on meat quality of light lamb. **Meat Science**, v. 76, p. 675-681, 2007.
- LINARES, M. B.; BÓRNEZ, R.; VERGARA, H. Cortisol and catecholamine levels in lambs: Effects of slaughter weight and type of stunning. **Livestock Science**, v. 115, p. 53-61, 2008.
- LOPEZ, V. R.; CASP, V. A. **Tecnologia de Mataderos**. Spain: Ediciones Mundiprensa, 2004.
- LUDTKE, C. B. et al. **Abate humanitário suínos**. WSPA, Rio de Janeiro, 2010.
- LYFORD, C. et al. Is willingness to pay (WTP) for beef quality grades affected by consumer demographics and meat consumption habits? **Australasian Agribusiness Review**, v. 18, p. 1-17, 2010.
- MINOLTA. **Precise color communication: Color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta Co, 1998.
- MOTA-ROJAS, D. et al. Stunning Swine with CO<sub>2</sub> Gas: Controversies Related to Animal Welfare. **International Journal Pharmacology**, v. 8, p. 141-151, 2012.
- OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding in meat part 2: Drip losses. In: LAWRIE, R. A. (Ed.). **Developments in Meat Science**. London: Elsevier Science Publishers, 1988.
- PARDI, M. C. et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia Da Carne**. Editora: UFG e Universidade Federal Fluminense. Goiânia, 2006.
- PAREDI, G. et al. "Muscle to meat" molecular events and technological transformations: The proteomics insight. **Journal of Proteomics**, v. 75, p. 4275-4289, 2012.
- PEARCE, K. L. et al. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes - A review. **Meat Science**, v. 89, n. 2, p.111-124, 2011.
- PINTO, M. F.; PONSANO, E. H. G.; ALMEIDA, A. P. S. Espessura de lâmina de cisalhamento na avaliação instrumental da textura da carne. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1405-1410, 2010.
- POSPIECH, E., MONTOWSKA, M. Technologies to improve water-holding capacity of meat. **Control of Meat Quality**, p. 61-80, 2011.
- RAULT, J. L.; JONGMAN, E. **Animal Welfare Science**. Centre, University of Melbourne, 2014.
- RAULT, J. L., et al. Nitrous oxide as a humane method for piglet euthanasia: Behavior

- and electroencephalography (EEG). **Physiology and Behavior**, v. 151, p. 29-37, 2015.
- REIS, J.G.M. et al. Financial losses in pork supply chain: A study of the pre-slaughter handling impacts. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v. 35, n. 1, p. 163-170, 2015.
- RICCI, G. D.; DALLA COSTA, O. A. Abate humanitário de suínos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 3, p. 267-272, 2015.
- RODRIGUEZ, P. et al. Assessment of unconsciousness during carbon dioxide stunning in pigs. **Animal Welfare**, v. 17, p. 341-349, 2008.
- SABOW, A. B.; NAKYINSIGED, K., ADEYEMIA, K. D. High frequency pre-slaughter electrical stunning in ruminants and poultry for halal meat production: A review. **Livestock Science**, v. 202, p. 124-134, 2017.
- SOYER, A. et al. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. **Food Chemistry**, v. 120, p. 1025-1030, 2010.
- TRAORE, L.A. et al. Higher drip loss is associated with protein oxidation. **Meat Science**, v. 90, p. 917-924, 2012.
- USDA. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. Abril, 2017. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>> Acesso em: 4 jul. 2017.
- VÉGH, A.; ABONYI-TÓTH, Z.; RAFAI, P. Effect of current intensity and duration on the effectiveness of head-only electrical stunning in pigs under commercial conditions. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 65, n. 1, p. 13-28, 2017.
- VERMEULEN, L. et al. Pre-slaughter handling and pork quality. **Meat Science**, v. 100, p. 118-123, 2015.
- WARNER, R.D. et al. Systematic review of emerging and innovative technologies for meat tenderization. **Meat Science**, v. 132, p. 72-89, 2017.
- WARNER, R. D., et al. Genetic and environmental effects on meat quality. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 171-183, 2010.
- WEIKER, H. M.; HACK, F.; HAGELE, H. Plasma-Katecholaminnachweis und praktische Anwendung mit elektronischem Detektor nach HPLC. **Deutsche Zeitschrift fuer Sportmedizin**, v. 7, p. 225-233, 1984.
- WEINBERG, N. E. Humane anesthetization prior to slaughtering of pigs. **Fleischwirtsche**, v. 60, n. 1, p. 96-98, 1980.
- WOTTON, S. B. et al. Pig slaughtering procedures: head-to-back stunning. **Meat Science**, v. 32, p. 245-255, 1992.

YOUNG, J. F et al. Significance of preslaughter stress and different tissue PUFA levels on the oxidative status and stability of porcine muscle and meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.6877-6881, 2003.

YOUNG, J.F.; BERTRAM, H.C.; OKSBJERG, N. Rest before slaughter ameliorates pre-slaughter stress-induced increased drip loss but not stress-induced increase in the toughness of pork. **Meat Science**, v. 83, p. 634-641, 2009.

**CAPÍTULO II: Qualidade da Carne de Suínos Insensibilizados ao Abate por Eletrocussão ou Dióxido de carbono**

Artigo redigido e formatado de acordo com as normas de publicação da **Meat Science**, qualis A1, com fator de impacto 2016/2017 de 3,126.

Projeto aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA – UFGD) sob protocolo 08/2017.

## QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS INSENSIBILIZADOS AO ABATE POR ELETROCUSSÃO OU DIÓXIDO DE CARBONO

### RESUMO

Os principais métodos utilizados para induzir inconsciência de suínos antes do abate são a insensibilização com gás (dióxido de carbono) e a eletrocussão. Ambos os métodos podem causar impacto na qualidade da carne suína. Esse estudo foi realizado para avaliar os diferentes métodos de insensibilização na qualidade da carne de suínos. Um total de 172 suínos, de mesma origem e linhagem comercial com 180 dias de idade, e peso médio de  $\pm 125$  kg, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos: insensibilização por dióxido de carbono e por eletrocussão. Após o abate foram colhidas amostras do músculo *Longissimus lumborum* (LL), e avaliou-se os parâmetros de qualidade da carne: pH 45 (45 min após o abate), pH 24 (24h após o abate), coloração ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), pigmentos totais, perda de líquido por gotejamento, descongelamento e por cocção, força de cisalhamento, oxidação lipídica, índice de fragmentação miofibrilar, presença de carne PSE e DFD. Avaliou-se o percentual de condenações em carcaça e vísceras pela inspeção sanitária (859.375 suínos), assim como, as perdas financeiras em condenação das mesmas. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do método de atordoamento sobre o pH 24, perda líquida por gotejamento e no descongelamento, oxidação lipídica, índice de fragmentação miofibrilar, força de cisalhamento e incidência de carne PSE/DFD. O *Longissimus lumborum* de suínos atordoados por eletrocussão apresentou maior valor de  $L^*$  ( $P < 0,05$ ), maior perda de líquido na cocção ( $P < 0,001$ ) e menor valor de pH 45 ( $P < 0,05$ ) em relação aos submetidos à insensibilização gasosa. Suínos atordoados com  $CO_2$  apresentaram menor condenação por fratura/contusão na carcaça ( $P < 0,05$ ) e congestão em fígado e rins ( $P < 0,05$ ), proporcionando menores perdas financeiras para a indústria. Conclui-se que a insensibilização por  $CO_2$ , pode propiciar benefícios em relação à qualidade da carcaça e vísceras de suínos em comparação à eletrocussão ao reduzir as perdas causadas à indústria em função de condenações parciais.

**Palavras-chave:** fraturas, vísceras, congestão, condenação, carcaça.



## QUALITY OF PORK OF PIGS INSENSIBILIZED BY ELETROCUSSION OR CARBON DIOXIDE

### ABSTRACT

The main methods used to induce unconsciousness in pigs prior to slaughter are gas numbing (carbon dioxide) and electrocution. Both systems may impact the quality of pork. This study was carried out to evaluate the different methods of desensitization in pork quality. A total of 172 pigs, of the same origin and commercial line, with an approximate age of 180 days, and average live weight of 125 kg, were distributed in a completely randomized design in two treatments: desensitization by carbon dioxide and by electrocution. After slaughter, samples of the *Longissimus lumborum* (LL), the following meat quality parameters were evaluated: pH 45, pH 24, color (L \*, a \* and b \*), total pigments, drip water loss, thawing and cooking, lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index, presence of PSE and DFD. The percentage of carcass and viscera convictions was evaluated by sanitary inspection (859,375 pork), as well as the financial losses in condemnation of the same. There was no effect ( $P > 0,05$ ) of the method of stunning on the pH 24, net loss by dripping and thawing, lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index, shear force and meat incidence PSE/DFD. The *Longissimus lumborum* of pigs stunned by electrocution presented higher values of L\* ( $P < 0,05$ ), greater loss of cooking liquid ( $P < 0,001$ ) and lower value of pH 45 ( $P < 0,05$ ) in relation to those submitted to gas desensitization. Pigs stunned with CO<sub>2</sub> received a lower conviction for fracture/contusion in the carcass ( $P < 0,05$ ) and congestion in liver and kidneys ( $P < 0,05$ ), providing minors losses to industry. It can be concluded that CO<sub>2</sub> desensitization can provide benefits in relation to carcass quality and meat compared to electrocution reducing the losses caused to the due to partial convictions.

**Keywords:** fractures, viscera, congestion, condemnation, carcass.

## 1 INTRODUÇÃO

A insensibilização pré-abate dos animais é prática obrigatória na legislação sanitária nacional e internacional e estabelece as diretrizes que regulam o abate dos animais para consumo humano devido às suas implicações no bem-estar e na qualidade da carne (González, Romero, & Sánchez, 2014). A insensibilização deve causar inconsciência instantânea levando à completa perda de reações cerebrais, de tal forma que não exista sofrimento por parte do animal durante este processo (OIE, 2012). Os métodos mais utilizados para insensibilizar suínos antes do abate são o atordoamento elétrico (eletrocussão e eletronarcose) e a exposição ao dióxido de carbono (Becerril-Herrera et al., 2009).

A fase de insensibilização é uma das mais críticas no manejo pré-abate, não apenas do ponto de vista do bem-estar, mas também porque pode afetar irreversivelmente a qualidade da carne de suínos (Vermeulen et al., 2015).

A qualidade da carne é definida como uma combinação de propriedades, incluindo atributos de qualidade tecnológica, aceitação do consumidor e credibilidade (Warner, Greenwood, Pethick, & Ferguson, 2010). Entre essas propriedades, os atributos de qualidade tecnológica como as características de cor, maciez e capacidade de retenção de água da carne de suínos, influenciam a aceitação do consumidor através dos apelos visual e sensorial. Esses traços também são importantes por razões econômicas, como a perda pela indústria devido à cor indesejável (Hughes, Oiseth, Purslow, & Warner, 2014) e à perda de peso do produto (Lyford et al., 2010).

Além da constante evolução genética, muitos foram os fatores de variação na produção de suínos nos últimos anos, tais como manejo, alimentação, imunocastração, idade e peso ao abate (Bonneau & Lebret, 2010). O efeito do método de insensibilização, depende tanto do genótipo utilizado quanto das circunstâncias em que é avaliado. Sendo assim, removendo-se as possíveis diferenças em relação aos equipamentos de atordoamentos e dos manejos pré-abate, elimina-se as variáveis que podem resultar em conclusões discrepantes (Hambrecht, Eissen, & Verstegen, 2003).

Deste modo, a presente investigação foi realizada com o objetivo de avaliar a insensibilização por eletrocussão e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), em um abatedouro comercial, quanto aos parâmetros de qualidade do músculo *Longissimus lumborum*,

condenações de carcaças e vísceras e o impacto econômico das condenações, em animais de mesma linhagem atual e submetidos ao mesmo manejo pré-abate anterior à insensibilização.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada em um abatedouro comercial, situado na cidade de Dourados, MS, com Serviço de Inspeção Federal (SIF) e capacidade de abate de 3000 suínos ao dia. A altitude do município é de 430 m, a latitude de 22° 13' S e longitude 54° 48' W. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) (Fietz & Fisch, 2008).

Foram utilizados 172 suínos de mesma origem e linhagem comercial *DanBred* (DB) divididos em três dias de coletas, com idade aproximada de 180 dias e peso médio corporal de  $\pm 125$  Kg, submetidos ao mesmo manejo pré-abate de rotina do estabelecimento, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos: insensibilização por dióxido de carbono e eletrocussão.

O tempo de jejum nas granjas foi de seis horas. O tempo de transporte dos animais da granja ao abatedouro foi de seis horas, realizado em veículos com carrocerias de piso duplo e densidade de 0,45m<sup>2</sup>/suíno. O descarregamento ocorreu por meio de rampas inclinadas em ângulos de 20°, com auxílio de ar comprimido. O alojamento e o descanso pré-abate, com dieta hídrica, ocorreram em baias quadradas, com piso de cimento e densidade de cerca de 100 kg/m<sup>2</sup>, por um período aproximado de três horas.

A insensibilização por eletrocussão (n=86) foi executada por meio de um equipamento automático de contenção, com a aplicação de eletricidade em três pontos: dois à frente da orelha, nas fossas temporais (50 Hz, 1,40 A e 350 V) e um no coração (50 Hz, 0,60 A e 90 V) durante 4 segundos. A insensibilização gasosa (n=86) foi realizada por meio de CO<sub>2</sub>, em concentração de 90%, com abastecimento de 5 a 6 suínos por gaiola e tempo de insensibilização total em 130 segundos.

Os suínos provenientes de ambos os tratamentos foram sangrados no tempo máximo de 15 segundos após a insensibilização, utilizando-se uma faca, com um corte

de 5 cm na linha média do pescoço, no sulco jugular, cortando os grandes vasos (artérias, carótidas e veias jugulares). Após a sangria, as carcaças foram escaldadas, depiladas, evisceradas, separadas ao meio com auxílio de uma serra, inspecionadas e resfriadas.

## 2.1 Medida de pH

As medidas de pH das carcaças esquerdas foram realizadas por meio de peagamêtro digital, marca Testo, modelo 205. O equipamento foi previamente calibrado com duas soluções tampões (pH 4,0 e pH 7,0  $\pm$  0,05/25°C), e as mensurações aconteceram inserindo-se o eletrodo entre a 4ª e 5ª vértebra lombar, depois da última costela, perpendicularmente à linha média, na face medial da meia-carcaça, o mais próximo possível das vértebras, com profundidade constante (3,5cm) na altura do músculo *Longissimus lumborum*. Duas medidas foram realizadas: a primeira aos 45 minutos após o abate e a segunda 24 horas após o abate de acordo com a metodologia adaptada por Bridi & Silva (2009).

## 2.2 Preparação dos Cortes para as Análises

Após 24 horas de resfriamento, as carcaças foram desossadas e coletadas amostras de 10 cm de espessura do músculo *Longissimus lumborum*, retiradas na região da última costela das 172 meias carcaças. As amostras foram dissecadas para que ficassem livres de gordura aparente, de excesso de tecido conjuntivo e de músculos adjacentes menores, e seccionados transversalmente em 3,0 cm de espessura cada.

## 2.3 Coloração

Para avaliação da coloração da carne, as amostras foram expostas ao ar durante 30 minutos, visando a oxigenação. Após este período, foram submetidas à avaliação objetiva da cor por meio de um colorímetro portátil, modelo Minolta CR-400, utilizando-se a escala L\* (luminosidade), a\* (teor de vermelho), b\*(teor de amarelo) do sistema CIELAB, com fonte de luz de D65 e ângulo de 90°. As medidas foram

realizadas em três pontos distintos na superfície da amostra, tomando-se a média como o valor determinado (Gajana, Nkukwana, Marume, & Muchenje, 2013).

#### **2.4 Perda Líquida por Gotejamento (PLG)**

A avaliação da perda de líquido por gotejamento baseou-se em metodologia proposta por Honikel (1998). Amostras de 3,0 cm do músculo *Longissimus lumborum* foram pesadas em balança semianalítica. Em seguida, acondicionadas em uma bolsa inflada (saco polietileno) sob pressão atmosférica, suspensas em ganchos e suas extremidades superiores amarradas com fio de barbante.

As amostras permaneceram por 48 horas sob refrigeração à 4°C, foram enxugadas suavemente com toalhas de papel e pesadas novamente. O cálculo da perda líquida no gotejamento foi expresso em porcentagem do peso inicial.

#### **2.5 Classificação da Carne em Normal, PSE e DFD**

Após as avaliações de pH, coloração e perda de líquido por gotejamento, as amostras dos músculos foram classificadas em normais, PSE (*Pale, soft, exudative*) ou DFD (*dark, firm and dry*), baseando-se nas metodologias propostas por Warner, Kauffman, & Greaser (1997).

#### **2.6 Perda de Líquido no Descongelamento (PLD) e na Cocção (PLC)**

Amostras dos músculos *Longissimus lumborum* foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno, identificadas e congeladas por 48 horas. Para o processo de descongelamento, permaneceram sob refrigeração por 24 horas à 4°C. Ao serem removidas da embalagem, foram enxugadas levemente com toalha de papel e pesadas novamente em balança semianalítica. O cálculo da perda líquida no descongelamento foi expresso em porcentagem em relação ao peso original da amostra.

Posteriormente à pesagem, as amostras foram assadas em forno elétrico a 170 °C, sendo viradas quando a sua temperatura interna atingiu 40°C, e mantidas até alcançarem temperatura interna de 70°C. Após o cozimento, foram resfriadas à

temperatura ambiente por uma hora e a umidade superficial retirada com papel absorvente, sendo novamente pesadas. As perdas líquidas na cocção foram expressas em porcentagem de líquido perdida em relação ao peso original da amostra (Bridi & Silva, 2009).

### **2.7 Força de Cisalhamento da Carne (FCC)**

Para a análise da força de cisalhamento as amostras foram cortadas e colocadas no aparelho texturômetro TAXT 2i (*Stable micro Systems*), que mensurou a força necessária para cortá-las, com valor expresso em kgf/cm<sup>2</sup>. A velocidade de descida e subida do dispositivo foi de 200 mm /min, segundo metodologia descrita por Moeller et al. (2010).

### **2.8 Oxidação Lipídica**

Para a avaliação da oxidação lipídica utilizou-se o método indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), segundo (Pikul, Leszczynski, & Kummerow, 1989). Aproximadamente 5 g de carne foram pesadas e homogeneizadas com solução de ácido tricloroacético (TCA) 7,5%. O sobrenadante foi filtrado, alíquotas de 4 mL misturadas com 5 mL de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA à 0,02 M) e colocadas em banho fervente por 45 minutos, resfriadas e lidas em espectrofotômetro a 538 nm. Os resultados foram expressos em unidade de absorbância por unidade de massa de amostra em “valor de TBA”.

### **2.9 Índice de Fragmentação Miofibrilar**

O índice de fragmentação miofibrilar foi avaliado pelo método proposto por (Culler, Parrish, Smith & Cross, 1978). Amostras de 3g do músculo livre de gordura e tecido conectivo foram homogeneizadas em Ultra Turax, a 9500 rpm em 20 mL de solução tampão a 2°C, por 40 segundos. Feita a homogeneização, as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 2°C e o sobrenadante descartado. O precipitado foi, então, ressuspendido com 10 mL de tampão até que a amostra estivesse homogênea para

ser filtrado em peneira e removido o tecido conectivo. A suspensão diluída de miofibrilas foi agitada e colocada na cubeta, sendo, logo em seguida, feita a leitura da densidade ótica a 540nm em espectrofotômetro. Para obtenção do índice de fragmentação miofibrilar (IFM), foi multiplicado o valor obtido de densidade ótica a 540nm por 200.

### **2.10 Pigmentos Totais**

Em uma amostra de 10g de músculo triturado foram adicionados 40 mL de acetona e 1 ml de ácido clorídrico (12N), agitando-se e, posteriormente, submetendo-se a repouso de 1 hora, à 4°C. Em seguida, procedeu-se a filtração seguida de leitura em espectrofotômetro à absorvância de 640 nm. O resultado foi expresso em partes por milhão (ppm) de hematina obtido multiplicando a densidade ótica registada por 680, conforme metodologia descrita por Konielko (1985).

### **2.11 Condenações pela Inspeção Sanitária**

Por meio dos dados fornecidos pelo serviço de inspeção sanitária federal (SIF), foram computadas as condenações por fraturas/contusão em carcaças e congestão em vísceras no abatedouro em que se realizou o estudo. Os dados são referentes a 859.375 suínos abatidos por meio da eletrocussão e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante o ano de 2016.

### **2.12 Impacto econômico**

Os dados coletados para os 859.375 suínos amostrados durante a inspeção no abate para as condenações de fraturas/contusão das carcaças e congestão de vísceras, bem como o seu valor comercial, foram utilizados na avaliação do impacto econômico, juntamente com o custo de utilização do CO<sub>2</sub>. A partir desses dados calculou-se a diferença entre os índices de condenações provenientes do método de insensibilização de eletrocussão e dióxido de carbono para se estabelecer os impactos econômicos.

### 2.13 Análise Estatística

A construção do modelo estatístico foi conduzida pelo *software* MINITAB 17.0. Os dados foram verificados quanto à normalidade utilizando-se a análise univariada (médias e erro padrão). Utilizou-se para avaliação dos dados, teste não paramétrico de Mann-Whitney com segurança de 95%. Para a incidência de carcaças PSE/DFD, empregaram-se o teste de qui-quadrado com segurança de 95%.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A insensibilização com eletrocussão resultou em maiores índices de condenação de carcaças por fraturas/contusões e congestão do fígado e rins ( $p < 0,05$ ). Observou-se maior índice de condenações por congestão no pulmão para animais atordoados pelo sistema gasoso (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito do atordoamento por eletrocussão e atordoamento com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) nas condenações de carcaças e órgãos pela inspeção sanitária no período de 2016 (n=859.375)

Condenações	Método de Insensibilização			
	CO <sub>2</sub>	Eletrocussão	P	SED
Peso médio (Kg)	95,7	95,2	0,898	0,84
Fraturas /Contusões (%)	0,54	10,0	0,002	0,46
Congestão Fígado (%)	0,37	1,38	0,002	0,07
Congestão Rins (%)	0,47	0,65	0,021	0,11
Congestão Pulmão (%)	12,1	0,65	0,002	0,81

Estes resultados coincidem com os encontrados por (Channon, Payne, & Warner, 2003), os quais não identificaram fratura óssea quando os animais foram insensibilizados com CO<sub>2</sub>. Fraturas em vértebras lombossacrais acontecem com frequência durante o abate de suínos insensibilizados com eletrocussão. A grande massa representada pelos músculos da região transfere força para as vértebras durante a contração muscular em consequência do uso da insensibilização elétrica causando a fratura (Alberton, Moreira, Eduardo, & Belo, 2016). Sob este aspecto, a insensibilização com CO<sub>2</sub> pode melhorar a qualidade da carcaça (menos hemorragias e fraturas), no entanto, ainda é objeto de discussões, uma vez que os suínos mostram sinais de aversão



ao gás alguns segundos antes ocorrer inconsciência (Dalmau, Rodriguez, Llonch, & Velarde, 2010; Rodríguez et al., 2008).

Os maiores índices de condenação por congestão do fígado e dos rins podem estar relacionados às hemorragias, assim como extravasamentos musculares comuns quando se utiliza atordoamento por eletrocussão (Borzuta, Borys, Strzelecki, Lisiak, & Janiszewski, 2007).

O aumento da congestão pulmonar em suínos insensibilizados por CO<sub>2</sub> pode estar relacionado a hipóxia hipercápnica devido a inalação de altas concentrações do CO<sub>2</sub>. Este aumento leva a alterações no pH do sangue, pressão parcial de dióxido de carbono, pressão parcial de oxigênio, saturação de oxigênio e concentração de bicarbonato, originando congestão alveolar, edema e hemorragia do parênquima (Becerril-Herrera et al., 2009; Mota-Rojas et al., 2012; Rodríguez et al., 2008).

Em um sistema de eutanásia com CO<sub>2</sub> em leitões (5,6 ± 1,3 kg), Engle & Edwards (2011) também demonstraram, em necropsia, a presença de lesões pulmonares como edema grave caracterizado por pulmões vermelhos, úmidos e pesados e em alguns suínos, os pulmões se apresentaram ligeiramente colapsados.

Para análise do impacto econômico, se considerou a diferença no número de animais condenados por fraturas/contusões e congestão de vísceras entre os tipos de insensibilização (Tabela 2).

Tabela 2. Diferença nas condenações entre o atordoamento por eletrocussão e o atordoamento com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pela inspeção sanitária no ano de 2016 (n=859.375).

Carcaça/ Vísceras	Condenação	Nº animais e vísceras afetadas /ano	Peso médio condenado (Kg)	Valor comercial* (U\$/Kg)	Custo da perda/ano (U\$)
Carcaça	Fraturas/contusão	75.072	3,83	1,10	316.278
Fígado	Congestão	7.920	2,23	0,68	12.000
Rins	Congestão	1.425	0,475	0,44	297,82
<b>Total</b>					<b>328.575,82</b>

Dados fornecidos pela CEPEA, (2017).

Calculou-se que, anualmente, a indústria utiliza U\$ 74.736 para manutenção do fornecimento de CO<sub>2</sub> e necessitou de um investimento de U\$ 670.809,00 para implantar a tecnologia. Com isso, é possível que com a redução das condenações causadas pela

eletrocussão, a indústria do presente estudo, tenha o retorno do capital investido em até 2,26 anos, com menor defeito na carcaça, ao optar pelo método de insensibilização gasosa.

As condenações de pulmões, assim como de rins, embora numericamente importantes, são pouco relevantes no âmbito de prejuízos financeiros. Este fato é decorrente do baixo peso renal e pelo pulmão não apresentar valor comercial para as indústrias devido à legislação sanitária que não permite o uso do pulmão para fins alimentícios, sendo todos descartados. Entretanto, mais estudos devem ser relacionados à congestão pulmonar para o conhecimento do impacto no bem-estar do animal.

O pH inicial (45 min) do músculo *Longissimus lumborum* de suínos atordoados com CO<sub>2</sub> foi maior ( $p < 0,05$ ) em comparação aos animais submetidos ao atordoamento por eletrocussão (Tabela 3), assim como nos estudos realizados por (Lammens et al., 2007). Entretanto, apesar da diferença observada, ambos valores não comprometem a qualidade da carne, e foram considerados dentro do padrão de normalidade, em que os intervalos do pH inicial para a qualidade da carne suína devem estar entre 6,7 e 6,3 (PIC, 2016).

Tabela 3. Atributos de qualidade tecnológica do músculo *Longissimus lumborum* de suínos submetidos à eletrocussão e por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (n=172)

Atributos de Qualidade	Método de Insensibilização			
	CO <sub>2</sub>	Eletrocussão	P	SED
T 45 min	35,30	34,70	0,111	0,276
pH Inicial(45min)	6,41	6,30	<0,05	0,027
pH Final (24h)	5,85	5,78	0,186	0,029
PLG (%)	4,09	4,84	0,239	0,197
PLD (%)	7,73	7,38	0,159	0,324
PLC (%)	32,52	36,12	<0,001	0,530

\* T 45 min: Temperatura de carcaça aos 45 minutos após ao abate. PLG: Perda líquida por gotejamento. PLD: Perda líquida por descongelamento. PLC: Perda líquida por cocção.

O pH inicial e final da carne suína são fatores importantes na determinação de sua qualidade (Kim et al., 2016), uma vez que quase todas as suas características tecnológicas, são tipicamente influenciadas pela queda *post mortem* do pH muscular (Pearce, Rosenvold, Andersen, & Hopkins, 2011).

Fatores de riscos como maior dificuldade de locomoção, contenção nos equipamentos de insensibilização e uso de bastões elétricos para condução dos animais

são associados à maior velocidade de queda do pH durante o processo de transformação do músculo em carne. (Van de Perre, Permentier, De Bie, Verbeke, & Geers, 2010). Todos esses fatores estressantes são mais presentes no sistema de insensibilização por eletrocussão, e podem responder pelos resultados observados.

Em contrapartida, Van de Perre et al. (2010) não observaram diferença no pH inicial da carne de suínos submetidos aos diferentes métodos de insensibilização, atribuindo este fato à inadequada concentração de CO<sub>2</sub> (<80%) utilizada no abatedouro pesquisado, de forma que os suínos passaram por estresse devido ao ineficiente atordoamento. No mesmo estudo, quando as concentrações de CO<sub>2</sub> foram acima de 80%, o pH inicial foi significativamente maior. Este fato pode estar associado aos espasmos musculares ocasionados pela insensibilização gasosa ineficiente, com consequente produção de lactato durante o movimento muscular, levando ao declínio rápido no pH em animais nessas condições (Nowak, Mueffling, & Hartung, 2007).

Não houve efeito ( $p > 0,05$ ) do método de insensibilização sobre o pH final da carne (24 horas após o abate).

Não houve efeito do método de atordoamento sobre a perda de líquido por gotejamento (PLG) e descongelamento (PLD). Entretanto, a perda de líquido na cocção foi significamente maior ( $P < 0,001$ ) em amostras provenientes dos animais submetidos à insensibilização por eletrocussão, fato que poderia estar relacionado ao maior declínio do pH, uma vez que a capacidade de retenção de água é correlacionada negativamente com o pH inicial (Kim et al., 2016) e determina tanto a perda por gotejamento na carne suína crua quanto a perda de líquido durante os procedimentos de cocção (Pearce et al., 2011). A maior parte da perda de água durante o cozimento é do suco expulso pela desnaturação e contração das estruturas musculares (Kondjoyan, Oillic, Portanguen, & Gros, 2013). Essa perda de água determina o rendimento tecnológico da operação de cozimento, tornando-se um fator crítico principalmente para os consumidores (Hughes et al., 2014).

Em temperaturas de cozimento de 70°C, apenas 55-58% da variação na perda de líquido por cocção é explicada pela perda de gotejamento medida em carne crua. As estruturas e mecanismos que influenciam a capacidade de retenção de água da carne já foram exaustivamente estudados, entretanto, os fatores que determinam a maior ou

menor perda de líquido durante o cozimento não foram tão bem elucidados ainda (Hughes et al., 2014).

Suínos atordoados por eletrocussão apresentaram maior luminosidade ( $L^*$ ) no músculo *L. lumborum* em relação aos submetidos à insensibilização gasosa ( $p < 0,05$ ), com valores ligeiramente superiores ao recomendando de  $L^* \leq 50$  (Warner et al., 1997). Não houve efeito do método de insensibilização sobre os valores de  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 4).

A cor é o atributo primário pelo qual as carnes frescas são julgadas pelo consumidor antes da compra (Hughes et al., 2014). A carne suína deve possuir coloração rosada, sendo carnes muito claras (pálidas) associadas à problemas de qualidade pelos consumidores.

Tabela 4. Efeito do atordoamento por eletrocussão e atordoamento com dióxido de carbono ( $CO_2$ ) em atributos de qualidade de cor e maciez da carne no músculo *Longissimus lumborum*.

Atributos de Qualidade	Método de Insensibilização			
	$CO_2$	Eletrocussão	<i>P</i>	SED
Valor de $L^*$	49,37	50,54	0,043	0,364
Valor $a^*$	5,52	5,62	0,974	0,138
Valor $b^*$	3,60	3,56	0,720	0,120
Pigmentos Totais (ppm)	75,42	77,08	0,969	9,4
Oxidação Lipídica (TBA)	0,421	0,422	1,000	0,020
Força de cisalhamento (kgf)	3,32	3,53	0,137	0,228
Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM)	75,55	76,30	0,879	0,91

Avaliando os efeitos do método de insensibilização sobre atributos de cor da carne suína, Channon, Payne, & Warner (2002) identificaram diferenças para os valores de  $L^*$  nos músculos *Longissimus thoracis* (LT), atribuindo a insensibilização elétrica às carnes mais “pálidas”. Este aumento da luminosidade pode ser relacionado à aceleração do metabolismo *post mortem* induzido pelo método de insensibilização elétrico, propiciando maior velocidade de queda do pH (Rees, Trout, & Warner, 2003), desnaturação de proteínas (particularmente mioglobina e / ou miofibrilar) (Kim, Warner, & Rosenvold, 2014) e, conseqüentemente, maior dispersão da luz devido à distribuição de água livre na superfície celular da carne.

Não houve efeito do método de insensibilização sobre a oxidação lipídica ( $p > 0,05$ ). A oxidação lipídica é uma das principais causas de deterioração não microbiana da carne, especialmente sob condições pró-oxidativas (Soyer, Özalp, Dalmis, & Bilgin, 2010), em que há presença de maiores concentrações de ferro e mioglobina, poderosos agentes promotores da oxidação lipídica presentes no sangue (Alvarado, Richards, O'Keefe, & Wang, 2007). Os métodos de insensibilização também não afetaram o conteúdo de pigmentos totais da carne ( $p > 0,05$ ), demonstrando que estes não alteraram a presença de sangue residual, já que o resíduo equivale a retenção de mais hemoglobina e mioglobina (Alvarado et al., 2007). Assim, as reações bioquímicas diretamente responsáveis por ambas as oxidações da mioglobina e lipídica não geraram produtos que aceleram a oxidação de forma recíproca (Faustman, Sun, Mancini, & Suman, 2010).

Considerando-se que as amostras foram provenientes de animais padronizados em relação à idade, à linhagem, ao peso e ao manejo pré-abate, pode-se considerar que o método de insensibilização não influenciou a maciez das amostras mensuradas por meio da força de cisalhamento e do índice de fragmentação miofibrilar. Pesquisas realizadas por Channon, Payne, & Warner (2000, 2002, 2003) também não apontaram diferenças do método de atordoamento, do genótipo e do manejo pré-abate sobre a força de cisalhamento da carne de suínos. Ainda, Rees et al. (2003) não observaram diferença significativa nos índices de fragmentação miofibrilar da carne de suínos submetidos à insensibilização elétrica e gasosa ( $\text{CO}_2$ ). A maior queda no pH na carne de suínos atordados eletricamente não ocorreu em magnitude suficiente para influenciar os índices de fragmentação miofibrilar, relacionados à proteólise *post mortem* na carne.

Não foram detectadas carcaças DFD e não houve efeito ( $p > 0,05$ ) do método de insensibilização sobre a incidência de carne PSE (Tabela 5), que se apresentou baixa, coincidindo com os resultados dos estudos de Acevedo-Giraldo, Romero, & Sánchez (2016), em que não foram observadas diferenças na incidência de PSE entre os diferentes tipos de insensibilização.

Embora não tenha havido alta incidência de carnes PSE, a maior perda líquida por cocção pode desagradar ao consumidor, levando-o à redução de sua intenção de compras futuras.

Tabela 5. Efeito da eletrocussão e atordoamento com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na incidência de carcaças PSE/DFD.

Condenações	Método de Insensibilização		
	CO <sub>2</sub>	Eletrocussão	<i>P</i>
DFD (%)	0,0	0,0	-
PSE (%)	0,0	2,29	0,155

#### 4 CONCLUSÕES

O método de insensibilização por CO<sub>2</sub> proporcionou redução significativa em condenações parciais de carcaças e vísceras em suínos de linhagens modernas, em comparação à eletrocussão. Estas diferenças traduziram-se em vantagens econômicas relevantes para a indústria frigorífica. No entanto, elevados índices de condenações por congestão pulmonar ocasionados por este método devem ser monitorados para que se possam realizar ajustes no funcionamento de equipamentos. A eletrocussão favoreceu o aparecimento de carnes com maior porcentagem de perda de líquido por cocção e coloração mais pálida, que podem desfavorecer a decisão de compra pelo consumidor.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Giraldo, J. D., Romero, M. H., & Sánchez, J. A. (2016). Efectividad de Dos Métodos de Aturdimiento de Cerdos: Electronarcosis de Tres Puntos y Narcosis con CO<sub>2</sub>. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 27(4), 668–679. <https://doi.org/10.15381/rivep.v27i4.12579>
- Alberton, G. C., Moreira, L. M., Eduardo, C., & Belo, P. (2016). Aspectos macroscópicos de vértebras de suínos fraturadas durante o processo de abate. *Archives of Veterinary Science*, 21(3), 77–85.
- Alvarado, C. Z., Richards, M. P., O’Keefe, S. F., & Wang, H. (2007). The effect of blood removal on oxidation and shelf life of broiler breast meat. *Poultry Science*, 86(1), 156–161. <https://doi.org/86/1/156> [pii]
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Lemus-Flores, C., Guerrero-Legarreta, I., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necoechea, R., & Mota-Rojas, D. (2009). CO<sub>2</sub> stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. *Meat Science*, 81(1), 233–237. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.025>
- Bonneau, M., & Lebret, B. (2010). Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science*, 84(2), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.013>
- Borzuta, K., Borys, A., Strzelecki, J., Lisiak, D., & Janiszewski, P. (2007). Investigations of the factors influencing damages of the spinal column and muscles during electrical stunning of swine. *Archiv Tierzucht*, 50, 152–160.
- Bridi, A. M. Silva, C. A. (2009). *Avaliação da carne suína* (2nd ed.). Londrina.
- Channon, H. A., Payne, A. M., & Warner, R. D. (2000). Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Science*, 56(3), 291–299. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00056-5)
- Channon, H. A., Payne, A. M., & Warner, R. D. (2002). Comparison of CO<sub>2</sub> stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Science*, 60(1), 63–68. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00107-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00107-3)
- Channon, H. A., Payne, A. M., & Warner, R. D. (2003). Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO<sub>2</sub>. *Meat Science*, 65(4), 1325–1333. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00053-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00053-6)
- Culler, R.D. Parrish, F.C. Smith, G.C. Cross, H. R. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43(4), 1177–1180.
- Dalmau, A., Rodriguez, P., Llonch, P., & Velarde, A. (2010). Stunning pigs with different gases. Part 2: aversion in pigs. *Animal Welfare*, 19(1986), 324–333.
- Edwards, Lily N. Engle, T. E. (2011). Evaluation and Application of Humane Hypoxia Euthanasia for Nursery Pigs. In *University of Minnesota Institutional Partners* (pp. 235–241). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., & Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions : Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.025>
- Fietz, C. R., & Fisch, G. F. (2008). O Clima da Região de Dourados, MS. *Embrapa Agropecuária Oeste*, 92(2), 9–30.
- Gajana, C. S., Nkukwana, T. T., Marume, U., & Muchenje, V. (2013). Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage time on

- incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork. *Meat Science*, 95(3), 520–525. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.028>
- González, L., Romero, M., & Sánchez, J. (2014). Evaluación de la eficacia del método de insensibilización por electronarcosis en porcinos Assessment of the effectiveness of electrical stunning method in swine. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46, 139–143.
- Hambrecht, E., Eissen, J., & Verstegen, M. W. (2003). Effect of processing plant on pork quality. *Meat Science*, 64(2), 125–131. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00166-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00166-3)
- Honikel, K. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447–457. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174098000345>
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520–532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>
- Kim, T. W., Kim, C. W., Yang, M. R., No, G. R., Kim, S. W., & Kim, I. (2016). Pork Quality Traits According to Postmortem pH and Temperature in Berkshire. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(1), 29–36. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.1.29>
- Kim, Y. H. B., Warner, R. D., & Rosenvold, K. (2014). Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review. *Animal Production Science*, 54(4), 375–395. <https://doi.org/10.1071/AN13329>
- Kondjoyan, A., Oilic, S., Portanguen, S., & Gros, J. B. (2013). Combined heat transfer and kinetic models to predict cooking loss during heat treatment of beef meat. *Meat Science*, 95(2), 336–344. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.061>
- Konielko, E. S. (1985). Handbook of meat analysis. Avery Publishing Group Inc. Wayne. In *Handbook of meat analysis*. New Jersey. 1985.
- Lammens, V., Peeters, E., Maere, H. De, Mey, E. De, Paelinck, H., Leyten, J., & Geers, R. (2007). A survey of pork quality in relation to pre-slaughter conditions, slaughterhouse facilities, and quality assurance. *Meat Science*, 75(3), 381–387. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.08.001>
- Lyford, C., Thompson, J., & Polkinghorne, Rod Miller, M. Nishimura, T. Kate, N. Allen, P. Belasco, E. (2010). Is willingness to pay ( WTP ) for beef quality grades affected by consumer demographics and meat consumption preferences? *Australasian Agribusiness Review*, 18, 1–17.
- Moeller, S. J., Miller, R. K., Aldredge, T. L., Logan, K. E., Edwards, K. K., Zerby, H. N., Stahl, C. A. (2010). Trained sensory perception of pork eating quality as affected by fresh and cooked pork quality attributes and end-point cooked temperature. *Meat Science*, 85(1), 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.12.011>
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Roldan-Santiago, P., Alonso-Spilsbury, M., Flores-Peinado, S., Ramirez-Necochea, R., ... Trujillo-Ortega, M. E. (2012). Effects of long distance transportation and CO<sub>2</sub> stunning on critical blood values in pigs. *Meat Science*, 90(4), 893–898. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.027>
- Nowak, B., Mueffling, T. V., & Hartung, J. (2007). Effect of different carbon dioxide concentrations and exposure times in stunning of slaughter pigs: Impact on animal welfare and meat quality. *Meat Science*, 75(2), 300–308.



<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.07.014>

- OIE, Organización Mundial de Sanidad Animal. Código Sanitario para los animales terrestres. Título 7. Bienestar de los Animales. 21a ed. París, Francia, 2012.
- Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J., & Hopkins, D. L. (2011). Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes - A review. *Meat Science*, 89(2), 111–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.007>
- PIC (2016) [www.pic.com/](http://www.pic.com/). Swine health and genetic improvement company. Meat Quality: Understanding Industry Measurements and Guidelines. (2016), 2016.
- Pikul, J., Leszczynski, D. E., & Kummerow, F. A. (1989). Evaluation of Three Modified TBA Methods for Measuring Lipid Oxidation in Chicken Meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37(5), 1309–1313. <https://doi.org/10.1021/jf00089a022>
- Rees, M. P., Trout, G. R., & Warner, R. D. (2003). The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing for pork. I: Interaction with method of suspension. *Meat Science*, 65(2), 791–804. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00284-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00284-X)
- Rodríguez, P., Dalmau, A., Ruiz-de-la-Torre, J. L., Manteca, X., Jensen, E. W., Rodríguez, B., Velarde, A. (2008). Assessment of unconsciousness during carbon dioxide stunning in pigs. *Animal Welfare*, 17(4), 341–349.
- Soyer, A., Özalp, B., Dalmis, Ü., & Bilgin, V. (2010). Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry*, 120, 1025–1030. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.042>
- Van de Perre, V., Ceustermans, A., Leyten, J., & Geers, R. (2010). The prevalence of PSE characteristics in pork and cooked ham - Effects of season and lairage time. *Meat Science*, 86(2), 391–397. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.023>
- Van de Perre, V., Permentier, L., De Bie, S., Verbeke, G., & Geers, R. (2010). Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. *Meat Science*, 86(4), 931–937. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.07.019>
- Vermeulen, L., Van de Perre, V., Permentier, L., De Bie, S., Verbeke, G., & Geers, R. (2015). Pre-slaughter handling and pork quality. *Meat Science*, 100, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.148>
- Warner, R. D., Greenwood, P. L., Pethick, D. W., & Ferguson, D. M. (2010). Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science*, 86(1), 171–183. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.042>
- Warner, R. D., Kauffman, R. G., & Greaser, M. L. (1997). Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat Science*, 45(3), 339–352. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(96\)00116-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(96)00116-7)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de atordoamento de suínos como a eletrocussão e a insensibilização com dióxido de carbono têm repercussões importantes na qualidade da carcaça em virtude do estresse que gera no momento do abate, o que se reflete nos atributos de qualidade encontrados no presente estudo.

A insensibilização de suínos por eletrocussão demonstrou que aumentou a taxa de declínio do pH pós-abate, resultou em uma carne com maior valor de  $L^*$  e com maior porcentagem de perda líquida por cocção em comparação com suíno atordoado usando  $CO_2$ , porém, ainda se manteve dentro dos parâmetros de normalidade.

As condenações em vísceras e carcaças ao se utilizar o método de eletrocussão apresentaram significativamente maiores e a substituição do método demonstrou uma vantagem competitiva para a indústria com menores perdas no abate e retorno do investimento na substituição da tecnologia.

Entretanto, sugere-se monitorias no sistema gasoso ( $CO_2$ ), para que sejam resolvidos também o elevado índice de condenações por congestão pulmonar.

Este trabalho apresentou resultados atualizados para a indústria de carne de suíno, mostrando, do ponto de vista de qualidade, as opções para o método de manejo de insensibilização que poderia trazer maior benefício.