

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

AMANDA ADRIA

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INSENSIBILIZAÇÃO EM RELAÇÃO A  
INCIDÊNCIA DE CARNE PSE E DFD EM FRANGO DE CORTE**

FRANCISCO BELTRÃO

2021

**AMANDA ADRIA**

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INSENSIBILIZAÇÃO EM RELAÇÃO A  
INCIDÊNCIA DE CARNE PSE E DFD EM FRANGO DE CORTE**

**The effect of stunning parameters on the incidence of broiler chicken PSE and  
DFD meat**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Prof. Dr. Cleusa Inês Weber  
Coorientador: Prof. Dr. Alessandra Machado Lunkes

**FRANCISCO BELTRÃO  
2021**

**AMANDA ADRIA**

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INSENSIBILIZAÇÃO EM  
RELAÇÃO A INCIDÊNCIA DE CARNE PSE E DFD EM FRANGO DE  
CORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 13/agosto/2021

---

Marcelo Rodrigo Schmidt Barea  
Especialização  
Vibra Agroindustrial S.A

---

Alessandra Machado Lunkes  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Cleusa Inês Weber  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.”

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar força e perseverança para nunca desacreditar da minha capacidade. Agradeço por sempre me mostrar o caminho certo, e também por cada pedra que encontrei nesse trajeto, pois cada uma delas me fez evoluir e crescer perante a vida. Sou grata por sempre estar comigo segurando a minha mão.

A minha mãe Glacir, mulher guerreira, sou grata por todo apoio, força e amor incondicional, em momento algum me senti sozinha, pois nas horas difíceis de desânimo e de cansaço, você esteve comigo.

Ao meu irmão Guilherme, agradeço por sempre me mostrar que o essencial da vida é o amor a paz de espírito, aprendi e aprendo muito com você.

Aos meus amigos de infância e aos que conquistei durante a vida. Ana Alice, Bruna, Cíntia, Felipe, Gabriel, Janice, Jean, Jonas, quero agradecer por todo apoio e amizade incondicional, com certeza o fardo fica mais leve quando não estamos sozinhos. Obrigada por todo auxílio, por cada abraço, sorrisos, conselhos e festas. Todas as experiências foram válidas e levarei para sempre em meu coração.

A minha orientadora Cleusa Inês Weber e minha coorientadora Alessandra Machado Lunkes e a todos os Mestres que contribuíram para minha formação. Obrigada por todo apoio e conhecimento repassado, sem vocês nada disso seria possível. Qualquer que seja o caminho que eu siga terá traços dos ensinamentos recebidos em sala de aula, talvez com o tempo sejam esquecidos os nomes ou rostos, mas estará sempre presente no subconsciente todas as lições aprendidas.

Agradeço imensamente a empresa em que o trabalho foi conduzido, por ter fornecido toda estrutura, materiais e ajuda técnica para que esse projeto pudesse ser realizado.

Quero agradecer a mim mesma por não ter desistido mesmo nos momentos mais difíceis, eu perseverei.

E por fim, expresso por meio dessas simples palavras, a minha eterna gratidão por todos que de alguma forma me ajudaram e contribuíram para o resultado final dessa longa caminhada.

“A vida é feita de momentos, momentos pelos quais temos que passar, sendo bons ou não, para o nosso aprendizado. Nada é por acaso. Precisamos fazer a nossa parte, desempenhar o nosso papel no palco da vida, lembrando de que a vida nem sempre segue o nosso querer, mas ela é perfeita naquilo que tem que ser.”

(Chico Xavier)

## RESUMO

ADRIA, Amanda. **Avaliação dos parâmetros de insensibilização em relação a incidência de carne PSE e DFD em frango de corte.** 2021. 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2021.

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de carne de frango. Sabe-se que o bem-estar animal está intimamente relacionado com a qualidade da carne sendo um dos pré-requisitos para realização do abate. A insensibilização é definida como procedimento realizado para proporcionar ao animal um estado de insensibilidade. Esse processo está incluso nos requisitos para realização do abate humanitário, com o objetivo de assegurar o bem-estar e diminuir o sofrimento e estresse animal. Sabe-se que a utilização de diferentes combinações dos parâmetros elétricos, podem gerar carnes de baixa qualidade, principalmente PSE e DFD, ocasionando prejuízos para indústria. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência dos parâmetros de insensibilização elétrica estabelecidos pela União Europeia, sobre o estresse animal e subsequente efeito na qualidade da carne de frango de corte. Foram utilizadas diferentes combinações com frequência elétrica de 700 Hz, 1100 Hz e 1500 Hz e *duty cycle* de 15%, 25% e 40%. As aves foram abatidas em planta industrial localizada no sudoeste do Paraná. Foram realizadas análises de  $\text{pH}^{2\text{h}}$ ,  $\text{pH}^{24\text{h}}$ , cor, capacidade de retenção de água (CRA), perda por gotejamento e textura. O  $\text{pH}^{2\text{h}}$  foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) na interação entre a frequência de 700 Hz e *duty cycle* de 15%. Os valores de  $\text{pH}^{24\text{h}}$  e perda por gotejamento não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. O valor de  $L^*$  foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior na frequência de 1100 Hz o mesmo ocorreu com o *duty cycle* de 25%. Foi possível observar que a frequência de 1500 Hz resultou em maior valor significativo ( $p < 0,05$ ) para o parâmetro de cor  $a^*$  e para razão  $a^*/b^*$ . A frequência de 1100 Hz e *duty cycle* de 25% resultaram na maior média (66,66%) para CRA, e a menor média (58,67%) encontra-se no tratamento que utilizou frequência de 700 Hz e *duty cycle* de 40%. Quanto a textura, a maior força de cisalhamento (24,96 N) foi identificada no tratamento de 1500 Hz e *duty cycle* de 25%, e a menor (18,74 N) no tratamento de 700 Hz e *duty cycle* de 25%. Conclui-se que o uso de frequência elevada, associado a corrente elevada resulta em um declínio de pH mais rápido. A insensibilização foi mais efetiva no tratamento que utilizou a frequência de 700 Hz associada ao *duty cycle* de 15%. Não foi possível avaliar a incidência de carne PSE e DFD através do pH e parâmetro de cor  $L^*$ , pois os filés em todos os tratamentos apresentaram valores  $\text{pH} > 5,8$  e  $L^* > 53$ , e portanto não se encaixam em nenhuma das classificações existentes. No entanto foi verificado que os valores de pH e  $L^*$  sugerem que foi observada a anomalia PFN. Portanto, sugere-se que sejam realizados novos estudos, para avaliar se a variação de pH e de  $L^*$  foram influenciados pelo *duty cycle*, ou caracterizam em uma nova classificação de anomalia em carne de frango, a PFN.

**Palavras-chave:** Insensibilização elétrica. Bem-estar animal. Frangos. Qualidade da carne.

## ABSTRACT

ADRIA, Amanda. **The effect of stunning parameters on the incidence of broiler chicken pse and dfd meat.** 2021. 45 p. Course Conclusion Paper (Engenharia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2021.

Brazil is one of the world's largest producers and exporters of chicken meat. Animal welfare is closely related to meat quality and is one of the prerequisites for slaughtering. Stunning is defined as a procedure performed to provide the animal with a state of insensitivity. This process is included in the requirements for carrying out humane slaughter, with the aim of ensuring welfare and reducing animal suffering and stress. It is known that the use of different combinations of electrical parameters can generate low quality meats, mainly PSE and DFD, causing losses for the industry. The objective of the present work was to evaluate the influence of the parameters of electrical stunning established by the European Union, on animal stress and subsequent effect on the quality of broiler meat. The experimental tests were carried out from of two factors and 3 levels factorial design, totaling 9 tests with different combinations between frequency factor, at 700 Hz, 1100 Hz and 1500 Hz levels and duty cycle factor at 15%, 25 % and 40%. The birds were slaughtered in an industrial plant located in southwestern Paraná State. pH<sup>\*2h</sup>, pH<sup>\*24h</sup>, color, water retention capacity (CRA), drip loss and texture analyzes were performed. The pH<sup>\*2h</sup> was significantly higher ( $p < 0.05$ ) in the interaction between the 700 Hz frequency and 15% duty cycle. The values of pH<sup>\*24h</sup> and drip loss showed no significant difference ( $p < 0.05$ ) between treatments. The L\* value was significantly ( $p < 0.05$ ) higher at 1100 Hz frequency, the same to the 25% duty cycle. It was possible to observe that the 1500 Hz frequency resulted in a higher significant value ( $p < 0.05$ ) for a\* color parameter and a\*/b\* ratio. The 1100 Hz frequency and 25% duty cycle resulted in the highest CRA average (66.66%), and the lowest average (58.67%) is found in the treatment 700 Hz frequency and 40% duty cycle. The highest texture measured by shear force (24.96 N) was identified in 1500 Hz and 25% duty cycle treatment and the lowest value (18.74 N) in 700 Hz and 25% duty cycle treatment. These results suggest that the use of high frequency combined with high current results in a faster pH decline. Stunning was more effective in the treatment 700 Hz frequency and 15% duty cycle. It was not possible to evaluate the incidence of PSE and DFD anomalies. The pH and color parameter L\*, in all treatments had pH values  $> 5.8$  and L\*  $> 53$ , and therefore do not fit into any of these classifications. However, it was verified that pH and L\* values suggest that PFN anomaly was observed. Therefore, it is suggested that further studies can evaluate whether pH and L\* variation were influenced by the duty cycle, or characterize in a new classification of anomaly in chicken meat, the PFN.

**Keywords:** Eletrical stunning. Animal welfare. Broilers. Meat quality.

## SUMÁRIO

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| <b>1.</b>      | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2.</b>      | <b>OBJETIVOS .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2.1</b>     | <b>Objetivo geral.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2.2</b>     | <b>Objetivos específicos.....</b>                                  | <b>11</b> |
| <b>3.</b>      | <b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                 | <b>12</b> |
| <b>3.1</b>     | <b>Produção de frangos.....</b>                                    | <b>12</b> |
| <b>3.2</b>     | <b>Bem-estar animal.....</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>3.3</b>     | <b>Insensibilização .....</b>                                      | <b>15</b> |
| <b>3.4</b>     | <b>Qualidade da carne .....</b>                                    | <b>20</b> |
| 3.4.1          | Carne PSE .....  | 22        |
| 3.4.2          | Carne DFD .....  | 24        |
| <b>3.5</b>     | <b>Efeito da insensibilização sobre a qualidade da carne .....</b> | <b>25</b> |
| <b>4.</b>      | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                     | <b>27</b> |
| <b>4.1</b>     | <b>Material.....</b>   | <b>27</b> |
| 4.1.1          | Animais.....   | 27        |
| 4.1.2          | Sistema de insensibilização.....                                   | 27        |
| <b>4.2</b>     | <b>Métodos.....</b>  | <b>27</b> |
| 4.2.1          | Delineamento experimental .....                                    | 27        |
| 4.2.2          | Análises físico-químicas da carne .....                            | 29        |
| <u>4.2.2.1</u> | <u>Análise de pH .....</u>   | <u>29</u> |
| <u>4.2.2.2</u> | <u>Análise de cor .....</u>  | <u>29</u> |
| <u>4.2.2.3</u> | <u>Classificação dos filés .....</u>                               | <u>29</u> |
| <u>4.2.2.4</u> | <u>Capacidade de retenção de água (CRA).....</u>                   | <u>30</u> |
| <u>4.2.2.5</u> | <u>Análise de perda por gotejamento .....</u>                      | <u>30</u> |
| <u>4.2.2.6</u> | <u>Análise de Textura .....</u>                                    | <u>30</u> |
| <u>4.2.2.7</u> | <u>Análise Estatística .....</u>                                   | <u>31</u> |
| <b>5.</b>      | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                | <b>32</b> |
| <b>6.</b>      | <b>CONCLUSÃO .....</b>   | <b>39</b> |
|                | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>40</b> |



## 1. INTRODUÇÃO

A avicultura é um dos setores de produção que mais se destaca, no Brasil, em 2019, o consumo per capita de carne de frango foi de 42,84 kg/habitante. No mesmo ano o setor produziu 13,24 milhões de toneladas de carne de frango. No mesmo ano o país também ganhou destaque no mercado internacional, exportando um total de 4,21 milhões de toneladas dessa proteína. O elevado consumo da carne de frango está relacionado principalmente ao baixo custo e a aceitabilidade por diversas religiões e culturas (ABPA, 2020).

Como resultado da modernização desse setor e por ser um grande exportador, tornou-se necessário regulamentar e estabelecer os requisitos mínimos para a criação e abate de animais. Foi então elaborado o conceito de bem-estar, que considera tanto o desenvolvimento físico quanto o mental e determina que qualquer animal senciente deve ser bem nutrido, saudável, livre de sofrimento, doenças, medo e dor (LUDTKE et al., 2015). A Europa estabelece através do Regulamento nº 1099 de 2009, que os animais devem ser poupados de qualquer dor, angústia ou sofrimento evitáveis durante a matança (COMISSÃO EUROPEIA, 2009).

A qualidade da carne está diretamente relacionada com fatores de produção, que incluem genética, manejo, nutrição, controle de sanidade e bem-estar animal. O estresse do animal pode ser causado por condições ambientais, transporte, período de dieta hídrica e condições de pré e pós-abate. Um animal que sofre durante o manejo pré-abate ou é abatido incorretamente, pode resultar em uma carne com alterações físico-químicas, ou seja, problemas com pH, retenção de água e textura, gerando prejuízos a indústria e ao consumidor (BAUTISTA et al., 2016; CARVALHO et al., 2018).

Um dos principais problemas encontrados na produção de carnes é a incidência das carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dry*). A primeira é caracterizada pela cor pálida, textura macia e exsudativa, proveniente da combinação do decaimento acelerado do pH *post mortem* e temperatura elevada da carcaça. A segunda apresenta cor escura, textura dura e seca, devido à valores elevados do pH *post mortem*. Ambas estão diretamente relacionadas com o estresse pré-abate, o que diferencia as duas é que a carne PSE é estabelecida quando o

animal sofre o estresse próximo ao momento do abate, e a DFD ocorre em animais vítimas de um período longo de estresse (SHIMOKOMAKI et al., 2000).

Para assegurar o bem-estar animal durante o abate, o processo de insensibilização elétrica é realizado, consiste basicamente na passagem de uma corrente por entre o cérebro. Desta forma, as aves se tornam inconscientes e insensíveis, minimizando a dor e o sofrimento animal até o momento da sangria (HUANG et al., 2014; SIRRI et al., 2017).

Fatores elétricos e biológicos podem influenciar na eficiência da insensibilização. Quando a insensibilização é insuficiente, ou seja, a corrente que passa pelo cérebro é muito baixa o animal pode permanecer imobilizado, mas continuará sentindo dor e medo, como consequência ocorre a geração de um elevado nível de estresse na ave. Por outro lado quando a corrente é muito elevada pode ocorrer a morte do animal no momento da insensibilização (DEVOS; MOONS; HOUF, 2018).

Na União Europeia, o Regulamento 1099/2009 (COMISSÃO EUROPÉIA, 2009), relativo à proteção dos animais no momento do abate, estabelece os requisitos mínimos para os parâmetros de insensibilização de aves. Vários autores demonstram em seus estudos que a alteração da quantidade de corrente, frequência e voltagem, podem interferir diretamente na cor, capacidade de retenção de água e pH. Contudo, é possível relacionar os problemas que ocorrem no momento da insensibilização com a geração de estresse nas aves e consequentes problemas na carcaça. A variação dos parâmetros empregados na corrente de insensibilização também pode afetar positiva ou negativamente as características finais da carne de frango. Portanto, fez-se necessário a realização desse trabalho para verificar como as diferentes combinações dos parâmetros estabelecidos pelo Regulamento citado acima irão influenciar nas características da carne e no desenvolvimento de PSE e DFD.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar os parâmetros elétricos de insensibilização de aves estabelecidos pelo Regulamento Europeu CE 1099/2009 e o *duty cycle*, sobre o estresse animal e consequente na qualidade da carne de frango de corte.

### 2.2 Objetivos específicos

- Analisar, de acordo com o Regulamento Europeu, a frequência e *duty cycle* utilizados no processo de insensibilização de frangos de corte.
- Avaliar a incidência de carne PSE e DFD avaliando pH, cor, capacidade de retenção de água, perda por gotejamento e textura em filés de frango.
- Estabelecer a melhor faixa de frequência e *duty cycle* empregada no processo de insensibilização sobre o efeito na carne de frango de corte.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Produção de frangos

A produção de frangos no Brasil iniciou-se na região Sudeste no final de 1950. De forma artesanal, a comercialização ocorria principalmente em feiras livres, onde o animal era vendido vivo ou abatido. Com o passar dos anos e a modernização das técnicas de manejo, surgiram os primeiros abatedouros, e em 1970 a avicultura desloca-se para a região Sul do Brasil. O sistema de integração, uma espécie de parceria, onde a empresa é a proprietária do lote de aves, e o pequeno agricultor é incumbido pelo manejo e criação das mesmas, foi introduzido como uma nova técnica (VOILA; TRICHES, 2015).

A produção de frangos se dá através do regime intensivo, onde as aves ficam totalmente confinadas e tem-se o total controle da maior parte das variáveis de produção. A eficiência da mesma ocorre devido ao trabalho constante voltado ao melhoramento genético, manejo, nutrição e bem-estar animal (VOGADO et al., 2016).

A produção de carne de frango no Brasil em 2019 foi de 13,25 milhões de toneladas, ficando atrás somente dos Estados Unidos da América e China. O estado do Paraná destaca-se, pois é responsável por 34,69% do abate de frangos, seguido de Santa Catarina com 15,40% e Rio Grande do Sul com 14,32% (ABPA, 2020).

Em nível internacional, o Brasil também se destaca como exportador, 32% de toda a produção é destinada ao mercado externo. Em 2019 foram exportados 4,21 milhões de toneladas de carne de frango (ABPA, 2020). Os países que mais importam carne de frango segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, são, Japão, China, México, União Européia, Arábia Saudita (USDA, 2020).

O consumo *per capita* de carne de frango no Brasil em 2019 foi de 42,84 kg/habitante/ano, quase o triplo quando comparado com o consumo de carne suína que é de 15,3 kg/habitante/ano (ABPA, 2020).

Comparado a outras proteínas animais o frango é a carne mais consumida devido a vários fatores. O principal deles é o preço, por ser um rápido conversor de ração a produção de aves apresenta um baixo custo de produção. Outro fator é a aceitabilidade por diversas culturas e religiões. A carne de frango ainda é beneficiada

por sua excelente imagem aos olhos dos consumidores, pois é considerada uma carne magra, leve e de alto valor nutritivo (MIGLIAVACCA; YANAGIHARA, 2017; NÄÄS et al., 2015).

O êxito na produção e comercialização brasileira de carne frango, é resultado de diversos controles estabelecidos na cadeia produtiva. Pesquisas sobre genética, conversão alimentar, cuidados com o bem-estar, programas de controle de sanidade animal, resultam em uma carne segura e de qualidade, que atende todas as exigências do mercado nacional e internacional (COSTA, 2011).

### **3.2 Bem-estar animal**

O setor de avicultura demonstra avanços significativos em várias áreas, principalmente na genética, nutrição e manejo, que em conjunto são responsáveis por maximizar a produção. Com esse aumento, cresce também a preocupação com o bem-estar animal, que diz respeito aos métodos utilizados em toda cadeia produtiva da carne (FRANCO; SOUZA; MOLENTO, 2018).

Em um primeiro momento, o bem-estar animal era relacionado principalmente a questões éticas. No entanto, as práticas inadequadas durante o processo de produção e a priorização do lucro, contribuíram para a criação de uma ciência, responsável por elaborar regulamentos que determinam requisitos mínimos para a criação de animais (DIAS; SILVA; MANTECA, 2015).

Os frangos são considerados sencientes, ou seja, são capazes de sentir dor, tem consciência e conseguem evitar fontes de estresse quando é possível escolher. Portanto, é justo considerar que esse animal tem o direito de usufruir de requisitos mínimos para qualidade de vida, que incluem, água, alimentação, conforto e segurança (LUDTKE et al., 2015).

O conceito de bem estar pode ser definido de diversas maneiras, em 1965 o comitê Brambell definiu cientificamente como um termo amplo que abrange não só o estado físico mas também o estado mental do animal. O mesmo comitê juntamente com a FAWC (Farm Animal Welfare Council), foi responsável pela criação do conceito das “cinco liberdades”. A mesma estabelece que os animais devem ser bem nutridos;

livres de qualquer desconforto; saudáveis, livres de dor, injúria ou doença; ter liberdade para expressar seu comportamento característico e não sentir medo e diestresse (LUDTKE et al., 2015).

Quando submetidas ao estresse o organismo da ave sofre alterações. Em um primeiro momento ocorre a reação de alerta, desencadeada pela liberação de hormônios como noradrenalina, adrenalina e corticosterona. Os principais efeitos são aumento da frequência cardíaca e respiratória, dilatação das pupilas, aumento da glicose no sangue e defecação. Após um tempo, o organismo da ave tende a se adaptar a situação que está causando estresse. Porém, se os fatores de estresse permanecerem de maneira intensa, a ave não se adaptará a essa condição, gerando um declínio das reservas energéticas, resultando por fim em diestresse, ou seja, estresse excessivo e intenso que pode levar a morte do animal (LUDTKE et al., 2015).

No Brasil, o órgão responsável pela fiscalização a respeito do bem-estar animal é o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio das seguintes legislações: O Decreto nº 9.013 de 29 de Março de 2017, que regulamenta a Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 2017). A Instrução Normativa de nº 56 de 06 de Novembro de 2008, responsável por estabelecer os procedimentos gerais de recomendações de boas práticas de bem-estar para animais de produção e de interesse econômico (BRASIL, 2008). A Instrução Normativa nº 3, de 17 de Janeiro de 2000 que tem por objetivo estabelecer, padronizar e modernizar os métodos humanitários de insensibilização dos animais de açougue para o abate, assim como o manejo destes nas instalações dos estabelecimentos aprovados para esta finalidade (BRASIL, 2000).

Na Europa, o bem estar animal é estabelecido pela Diretiva do Conselho nº 43,2007 (CE) que estabelece os requisitos mínimos para a proteção dos frangos de corte, e também pelo Regulamento nº 1099, 2009 que é relativo à proteção dos animais no momento do abate, e diz que os animais devem ser poupados de qualquer dor, angústia ou sofrimento evitáveis durante a matança (COMISSÃO EUROPEIA 2007; COMISSÃO EUROPEIA 2009).

A qualidade final da carne está diretamente relacionada com o bem-estar animal, pois as características físico-químicas podem ser afetadas pelo estresse *ante mortem*. Portanto, um animal que sofre durante o manejo pré-abate ou não é abatido de acordo com a legislação, pode ter a qualidade da carcaça comprometida

quanto ao pH, a capacidade de retenção de água, perda por gotejamento, cor ou textura, ocasionando prejuízo as indústrias (BAUTISTA et al., 2016).

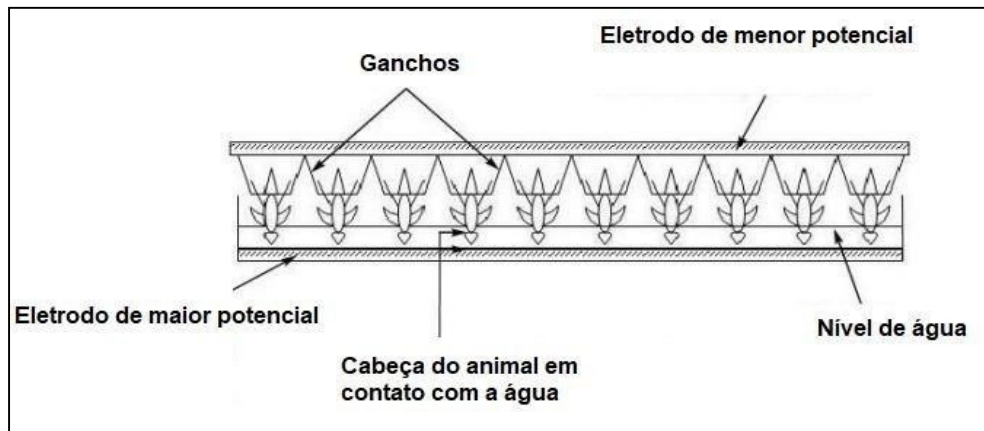
### **3.3 Insensibilização**

A insensibilização é definida como procedimento utilizado para proporcionar ao animal de maneira rápida, um estado de insensibilidade, mantendo as funções vitais até o momento da sangria. Esse processo está incluso nos requisitos para realização do abate humanitário, com o objetivo de assegurar o bem-estar e diminuir o sofrimento e estresse animal (BRASIL, 2000).

O método de insensibilização elétrica é atualmente o mais utilizado no abate de aves. O maquinário ocupa um espaço relativamente pequeno, tem baixo custo, é facilmente operado e adaptável. Este método está diretamente relacionado com o bem-estar, pois tem como principal objetivo provocar a inconsciência e insensibilidade, minimizando a dor e o sofrimento animal até o momento da sangria (HUANG et al., 2014; SIRRI et al., 2017).

A insensibilização realizada por banho elétrico consiste basicamente na passagem de uma corrente por entre o cérebro capaz de tornar as aves inconscientes. Primeiramente, os animais são dependurados na nória pelas pernas, só então são encaminhados para a cuba de insensibilização. Durante o processo ocorre o contato da cabeça do animal com água eletrificada. Fatores elétricos como formato da onda, corrente, tensão, frequência e fatores biológicos como tamanho, peso e sexo podem influenciar diretamente na eficiência do atordoamento elétrico (JOHNSON, 2014).

A cuba de insensibilização é equipada com dois eletrodos, o que apresenta maior potencial elétrico encontra-se submerso em água, o de menor potencial é fixado na barra e desempenha a função terra. No momento do contato da cabeça do animal com a água ocorre a migração de corrente, ou seja, a diferença de potencial faz com que os elétrons migrem da água eletrificada para o eletrodo de menor potencial através do corpo do animal, assim como mostra a figura 1 (HSA, 2016).

**Figura 1:** Cuba de insensibilização

Fonte: Adaptado (HSA, 2016).

Como resultado da passagem da corrente elétrica pelo cérebro do animal ocorre o efeito de atordoamento, que está associado a quebra de estruturas cerebrais. Resultando na interrupção do núcleo intralaminar, responsável por manter o animal acordado, ocasionando um estado epiléptico (JOSEPH et al., 2013).

Segundo Sabow et al., (2017), o animal torna-se inconsciente devido a uma convulsão epileptiforme generalizada que ocorre no cérebro. O estado de convulsão pode ser dividido em três fases. A primeira é marcada pela ocorrência da atividade epileptiforme que impossibilita os reflexos básicos. No estágio inicial ocorre o desenvolvimento da fase tônica que torna a musculatura do animal rígida, simultaneamente ocorre a fase clônica que possibilita a ocorrência de movimentos bruscos da musculatura. Na segunda fase ocorre a supressão da atividade cerebral, devido a liberação de neurotransmissores, a atividade celular fica reduzida, isso impede que o animal volte ao seu estado normal. Nesse período a fase clônica diminui a respiração e outros reflexos básicos são retomados, no entanto, não há evidência de retomada de consciência e resposta a dor. A terceira fase também conhecida como fase de recuperação, é o momento em que o animal retoma a consciência e seus reflexos básicos a menos que seja impedido pelo processo de sangria.

A lei de Ohm é responsável por estabelecer a relação entre tensão, resistência e corrente. A tensão é a força eletromotriz necessária para impulsionar a passagem da corrente pelo animal, é medida em Volts. A corrente é estabelecida como a taxa de fluxo de carga que atravessa um objeto condutor, sendo medida em Amperes. A resistência é a capacidade de dificultar o fluxo de corrente elétrica, é medida em

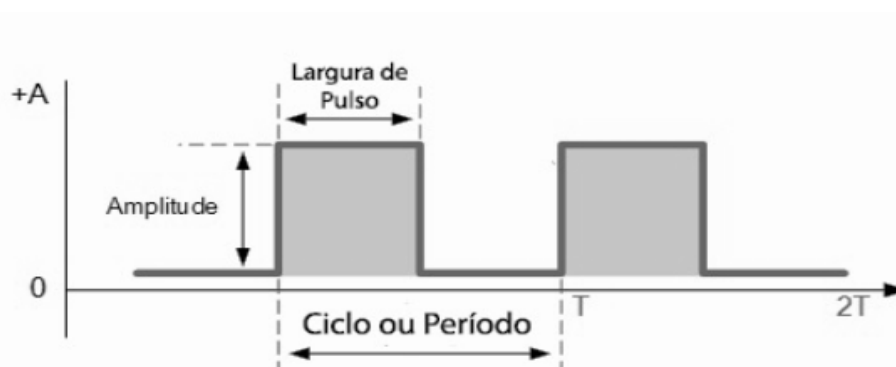


Ohms. A lei define que a corrente varia em relação a tensão aplicada e a resistência do circuito, portanto para elevar a quantidade de corrente é necessário aumentar a tensão aplicada ou diminuir a resistência do circuito (HSA, 2016).

O formato de onda e a frequência da corrente elétrica também podem influenciar na eficiência do processo de insensibilização. As formas que são comumente utilizadas para atordoamento de frangos são, corrente contínua pulsada e corrente alternada (senoidal e retangular). Na corrente contínua a direção da corrente é constante, na alternada a direção da corrente muda constantemente. A corrente alternada pode induzir a fibrilação muscular durante a insensibilização e é associada a vantagens no bem-estar animal. A frequência representa o número de repetições de um ciclo completo do formato da onda por segundo, é medido em Hertz (SIQUEIRA et al., 2017; HSA, 2016; JOHNSON, 2014).

O *duty cycle*, também conhecido como ciclo de trabalho, pode ser aplicado nos insensibilizadores mais modernos. A fase em que a onda permanece em sua maior amplitude é chamada largura de pulso, e a fase de amplitude baixa é denominada espaço. Duty cycle é a relação entre o tempo que a onda quadrada apresenta maior amplitude e o tempo que apresenta menor amplitude. Portanto quanto maior o tempo que a amplitude da onda se mantem em nível alto, ou seja, ligado, maior a potência entregue a carga, conseqüentemente, quanto menor o tempo em nível alto, menor será a entrega de potência (SATO, 2016).

**Figura 2:** Representação do *duty cycle* sobre uma onda quadrada (corrente contínua).



Fonte: Sato, 2016.

A legislação brasileira através da Portaria N° 210 de 10 de Novembro de 1998 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento do Brasil, determina que o processo

de insensibilização deve ser realizado preferentemente por eletronarcore, sob imersão em líquido, cujo equipamento deve dispor de registros de voltagem e amperagem e esta será proporcional à espécie, tamanho e peso das aves, considerando-se ainda a extensão a ser percorrida sob imersão. A insensibilização não deve promover, em nenhuma hipótese, a morte das aves e deve ser seguida de sangria no prazo máximo de doze segundos, a lei ainda permite o abate sem prévia insensibilização apenas para atendimento de preceitos religiosos ou de requisitos de países importadores. (BRASIL, 1998).

A Portaria nº 365, de 16 de julho de 2021, determina que o equipamento utilizado para realizar a insensibilização por imersão em aves, deve manter uma tensão suficiente para produzir uma intensidade de corrente eficaz, para garantir a insensibilização das aves, e ainda estabelece que medidas apropriadas devem ser tomadas a fim de assegurar uma passagem satisfatória da corrente elétrica, mediante um bom contato conseguido molhando-se as patas das aves e os ganchos de suspensão (BRASIL, 2021).

Na União Europeia, o Regulamento 1099/2009 (CE, 2009) do conselho relativo à proteção dos animais no momento do abate, estabelece que a insensibilização do animal deve durar até o momento da sangria. A sangria pode ser realizada em animais não insensibilizados para atender a algum preceito religioso. O regulamento ainda estabelece os requisitos mínimos para os parâmetros de insensibilização de aves que são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1:** Requisitos elétricos para equipamento de insensibilização em tanque de imersão.

| Frequência (Hz)         | Frangos | Perus  | Patos e Gansos | Codornizes     |
|-------------------------|---------|--------|----------------|----------------|
| <b>&lt; 200 Hz</b>      | 100 mA  | 250 mA | 130 mA         | 45 mA          |
| <b>De 200 a 400 Hz</b>  | 150 mA  | 400 mA | Não autorizado | Não autorizado |
| <b>De 400 a 1500 Hz</b> | 200 mA  | 400 mA | Não autorizado | Não autorizado |

Fonte: Adaptado (Regulamento nº 1099, 2009).

O regulamento disponibiliza três faixas de frequência e corrente para o atordoamento de frangos, que podem ser combinadas para melhorar a eficiência do atordoamento. No entanto, ainda existe uma preocupação pois alguns desses parâmetros podem resultar em morte durante o processo, o que não é permitido na

legislação brasileira, na Europeia e nem no abate Halal. De fato, alguns tipos de insensibilização podem resultar na morte do animal, devido a indução de fibrilação ventricular durante o processo (CE, 2009; BRASIL, 1998; WOTTON et al., 2014).

A insensibilização elétrica pode ser classificada de dois modos, a de baixa frequência e a de alta frequência, ou também como insensibilização reversível ou irreversível. A insensibilização só pode ser considerada reversível se ela não induz parada cardíaca no animal, portanto, não causa a morte do mesmo (SABOW et al., 2017; LUDTKE et al., 2010)

A insensibilização elétrica realizada com baixa frequência também é conhecida como eletrocussão. A combinação de baixas frequências, aproximadamente 50 Hz, e uma corrente mínima de 120 mA, pode levar a indução de parada cardíaca e conseqüentemente a morte do animal (LUDTKE et al., 2010).

Girasole et al. (2015) em seu estudo, relata que frequências baixas (200 Hz) não apresentam capacidade de garantir o bem-estar dos animais. Por outro lado frequências mais altas (750 Hz) demonstraram uma melhor eficiência na insensibilização e não impactaram negativamente a qualidade da carne. Prinz et al., (2012) relata que correntes alternadas de baixa frequência induziram a morte das aves.

O músculo cardíaco é sensível a estimulação elétrica, especialmente em baixas frequências, 50 Hz, a parada cardíaca também é influenciada pela corrente, baixas frequências necessitam de um mínimo de 100 mA, no entanto essa combinação resultará na morte de cerca de 90% do total de aves insensibilizadas. Portanto frequências maiores garantem que as aves não sejam mortas durante o atordoamento, assim como exige o abate halal (WOTTON et al., 2014).

Na insensibilização elétrica de alta frequência, utilizam-se frequências superiores a 100 Hz, normalmente variando entre 400 Hz e 1500 Hz. Nesse método as aves não morrem durante a insensibilização, portanto, é necessário que a sangria seja realizada o mais rápido possível, no máximo 10 segundos, evitando que a ave recupere a consciência (LUDTKE et al., 2015). Siqueira et al., (2017) em seu experimento, relata que as aves que foram insensibilizadas com frequências elétricas de 650 Hz, apresentaram melhor qualidade final da carne.

### 3.4 Qualidade da carne

A qualidade da carne nada mais é do que um termo utilizado para caracterizar as propriedades e percepções relacionadas ao consumo desse alimento. O consumidor tem se tornado cada vez mais crítico e exigente quando o assunto é carne, portanto a indústria tem se empenhado em realizar melhoras na maciez, suculência, sabor e cor da carne e de seus derivados comercializados (BARBUT et al., 2008; MALTIN et al., 2003).

Segundo Bendixen (2005), a qualidade final da carne está intimamente relacionada com as características biológicas, genéticas, fisiológicas e bioquímicas do animal. Todas afetam diretamente os principais atributos da carne que são textura, capacidade de retenção de água e cor. Para Anadón (2002), os consumidores são altamente influenciados pelos atributos do produto. A decisão para a compra ou não, se dá principalmente pela aparência visual do produto cárneo, seguido da textura, suculência, odor e sabor.

O processamento de carnes não pode ser considerado uma atividade independente. O mesmo pode ser influenciado diretamente por fatores de produção, que podem causar problemas químicos, físicos e estruturais à medida que o músculo é convertido em carne. Vários defeitos relacionados a produção podem ser citados, sendo os principais: hematomas, ossos fraturados, lesões cutâneas e descoloração dos tecidos. A qualidade da carne depende também dos fatores pré-abate que tem influência não apenas sobre o crescimento, desenvolvimento e composição muscular, mas também sobre o estado em que a ave chega para o abate (NORTHCUTT; BUHR, 2010).

A transformação do músculo em carne ocorre devido a várias reações bioquímicas, podendo ser divididas em três fases *pré-rigor mortis*, *rigor mortis* e *pós-rigor mortis*. A fase de *pré-rigor* é estabelecida principalmente pela interrupção do oxigênio através da sangria. Portanto, a glicólise começa ocorrer de forma anaeróbica, utilizando o glicogênio residual do músculo, e tendo como principal produto o ácido láctico, responsável pelo declínio do pH. A segunda fase é o *rigor mortis*, caracterizado principalmente pela rigidez da musculatura, isso ocorre devido ao fim das reservas energéticas e formação do complexo actomiosina. A velocidade de instalação do *rigor mortis* depende da espécie do animal, do estresse, do teor de glicogênio, e da

temperatura *post mortem*. A terceira e última fase é o *pós-rigor mortis*, através da ação de enzimas presentes na carne ocorre uma perda estrutural das proteínas, resultando na diminuição da tensão muscular, ou seja, a carne torna-se flexível (SOARES; SILVA; GÓIS, 2017; OLIVO, 2006).

Muchenje (2009) relata que a além de ser influenciada pela raça e alimentação, a qualidade da carne também pode ser afetada pelas técnicas de manejo. A maior parte dos componentes físicos e químicos da carne podem ser alterados dependendo da reação do animal diante do estresse aplicado. O estresse pré-abate é um dos principais problemas relacionados a qualidade da carne, pois ele pode acometer a carne à dois fenômenos indesejáveis, PSE e DFD. O primeiro é caracterizado principalmente pela cor pálida, textura macia e baixa capacidade de retenção de água, e é resultado do decaimento acelerado do pH post mortem e temperatura elevada na carcaça. O segundo fenômeno apresenta cor escura, textura dura e superfície seca, devido à valores elevados do pH post mortem (SHIMOKOMAKI et al., 2000; CARVALHO et al., 2017).

A cor da carne é considerada o fator mais importante pelo consumidor na hora da compra pois a mesma é indicativo de frescor e integridade. A mioglobina é considerada a proteína responsável pela cor vermelha, a hemoglobina e o citocromo C também desempenham funções importantes na coloração característica. A coloração da carne pode variar de acordo com a idade, dieta, ação enzimática e atividade desempenhada pelo músculo (MANCINI; HUNT, 2005; MUCHENJE et al., 2009).

A maciez pode ser definida como a percepção de resistência mecânica da carne no momento da mastigação. A textura depende da quantidade de colágeno presente no músculo, da estabilidade térmica, da estrutura miofibrilar, e também depende da capacidade de retenção de água, quanto maior a quantidade de água intramuscular mais macia será a carne. No entanto, esse atributo pode ser afetado por diversos fatores, idade, raça, estresse pré-abate, temperatura, pH e estimulação elétrica (MULLER; PASCHOAL; SANTOS, 2013; MUCHENJE et al., 2009).

### 3.4.1 Carne PSE

Um dos principais defeitos que a indústria de frangos vem enfrentando é a incidência da carne PSE. Caracterizada principalmente pela cor pálida, textura macia e baixa capacidade de retenção de água, ela é resultado da exposição do animal a várias condições de estresse pré-abate (CARVALHO et al., 2017).

As alterações físico-químicas que originam a carne PSE ocorrem devido a diversos fatores. O estresse do animal pode ser causado por condições ambientais, principalmente a temperatura, manejo inadequado durante o carregamento e transporte, período da dieta hídrica, condições de abate e as condições pós-abate (CARVALHO et al., 2018).

O estresse agudo antes do abate faz com que ocorra a degradação da reserva de glicogênio, conseqüentemente há um acúmulo maior de ácido láctico no tecido muscular, ocorrendo então o declínio do pH. A instalação do *rigor mortis* junto com a diminuição acelerada do pH (<5,8) e com a temperatura da carcaça elevada (acima de 38° C) faz com que ocorra a desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas da carne. (QU et al., 2017; SOSNICKI et al., 1998; SPURIO et al., 2016). Olivo et al. (2001) relata em seus resultados que 15 minutos *post mortem* a carne de frango já apresentava características de PSE e um pH menor que 5,7.

Marchi et al. (2019) relata em seu estudo que quando comparada a carne normal, a PSE sofre ação das proteases de forma prematura e prolongada, o que contribui para sua elevada maciez. Segundo Wilhelm et al. (2010) a carne PSE tem a funcionalidade da proteína prejudicada devido a elevada concentração de  $Ca^{2+}$  que faz com que as atividades das proteases iniciem antes do processo de abate. (MARCHI et al., 2019).

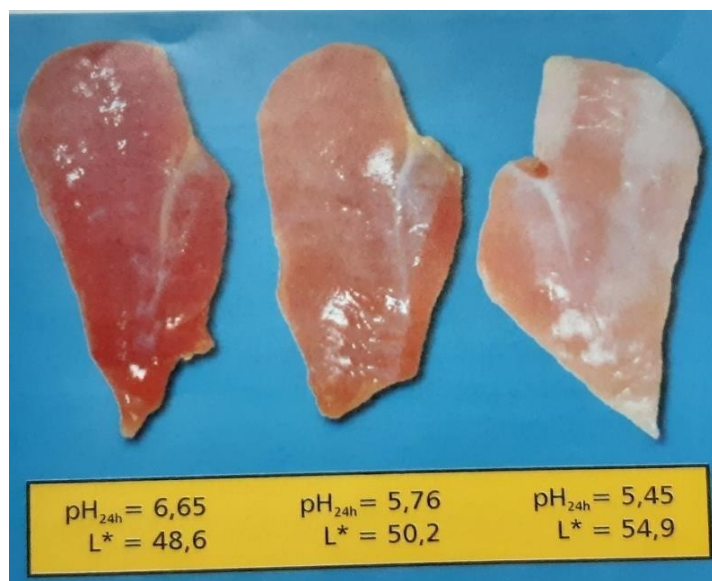
O consumidor é influenciado por vários aspectos no momento da compra de um produto cárneo. Um experimento realizado mostrou que os consumidores são capazes de diferenciar a carne PSE de uma carne normal (DROVAL et al., 2012). Segundo Girolami et al., (2013) a característica sensorial mais importante em carnes é a cor, é ela que passa a primeira impressão ao consumidor, e influencia diretamente na hora da escolha.

Vários métodos são utilizados para determinar se uma carne é realmente

PSE. Os principais são pH, cor ( $L^*$ ) e perda por gotejamento. Para suínos por exemplo é considerada PSE a carne que apresenta  $L^* > 50$  e uma perda por gotejamento maior que 6% e  $pH < 5,6$ . A carne com características normais apresenta valores de  $L^* < 50$  e menos que 6% de perda por gotejamento (LESIÓW; XIONG, 2013). Para frangos, Freitas et al., (2017) determinou que carnes com valores de  $L^* \geq 51$  e  $pH \leq 5,9$  são classificadas como PSE. O principal componente responsável pela cor da carne é a mioglobina, a quantidade presente depende da idade do animal, da espécie e do músculo analisado, outro fator que afeta diretamente a cor da carne é a capacidade de retenção de água que pode interferir do valor de  $L^*$  em até 1,5 (ÇELEN et al., 2016).

A estrutura muscular da carne interfere diretamente na sua cor, demonstrando que a pigmentação da carne não depende somente da quantidade de mioglobina presente no músculo. A quantidade de luz refletida da carne varia devido ao índice de refração das partículas, que afeta a dispersão. Portanto a carne com  $pH \geq 6,0$  tem uma dispersão baixa, conseqüentemente a cor permanece translúcida, o contrario acontece em carnes com  $pH \leq 6,0$ , devido a alta desnaturação das proteínas a dispersão aumenta, tornando a carne opaca (ANADÓN, 2002).

Os resultados de pH, cor e capacidade de retenção de água estão sempre interligados, por exemplo, a palidez da carne PSE está diretamente relacionada com a desnaturação das proteínas devido ao pH, quando a mioglobina e as proteínas são desnaturadas ocorre o acúmulo de água na superfície da carne, que faz com que os raios de luz não sejam absorvidos e sim refletidos fazendo com a carne seja vista com a cor pálida. Na figura 2 é possível notar a relação entre cor e pH (OLIVO, 2006).

**Figura 3:** Relação entre pH e cor em peito de frango

Fonte: Shimokomaki et al., 2000.

É possível observar que quanto menor o valor de pH maior é o valor de  $L^*$  que é o parâmetro responsável pela luminosidade. Essa relação também pode ser feita para a capacidade retenção de água que afeta diretamente propriedades da carne como a macies e textura. Quanto maior o valor de  $L^*$  menor será a capacidade de retenção de água, essa relação pode ser estabelecida pois quanto maior o valor  $L^*$  maior será o grau de desnaturação das proteínas e conseqüentemente a quantidade de água liberada pela carne será maior (OLIVO, 2006).

### 3.4.2 Carne DFD

Outra alteração que afeta diretamente a qualidade da carne de frango é o fenômeno DFD (Dark, Firm, Dry), esse termo é utilizado para descrever carnes que apresentam como características principais a cor escura, textura firme e face exterior seca (SHIMOKOMAKI et al., 2000).

Tanto a carne PSE quanto a DFD ocorrem devido ao estresse pré-abate, no entanto, a carne DFD é estabelecida devido a um longo período de estresse, já o fenômeno PSE ocorre quando a ave é submetida à um período de estresse curto, ou seja, a ave é estressada próximo ao momento do abate (SCHENEIDER, 2004).

O estresse prolongado é originado através da exaustão durante o transporte,



superlotação, falta de alimentação, medo e estresse climático, como consequência ocorre a depleção do glicogênio presente no músculo. A falta de glicogênio armazenado afeta diretamente o processo de acidificação, no momento do abate não haverá a formação proporcional de ácido lático e o pH da carne permanecerá alto. Valor elevado de pH faz com que a capacidade de retenção de água aumente, pois as proteínas não são desnaturadas de forma adequada e a água permanece ligada as mesmas. A carne permanecerá firme pois as fibras apresentam-se preenchidas com fluidos sarcoplasmáticos, e a cor escura característica é devido a maior capacidade de absorção de luz (DADGAR et al., 2012; ADZITEY; HUDA, 2011).

Normalmente carnes com características DFD apresentam pH > 6,2, e quanto a cor o valor de L\* apresenta valores inferiores a 44. É possível estabelecer uma relação, quanto maior for o pH menor serão os valores de L\*, ou seja, mais escura será a carne. Os consumidores associam a cor escura da carne DFD a um indicativo de baixa qualidade. Outra desvantagem é que devido ao pH elevado e a elevada capacidade de retenção de água, a carne DFD é mais suscetível a deterioração (OLIVO, 2006; POZNYAKOVSKIY et al., 2015).

A carne DFD não é indicada para a elaboração de produtos curados, pois esse tipo de carne torna a penetração e distribuição de sal um processo mais lento do que o normal. Devido à alta capacidade de retenção de água a carne DFD pode ser utilizada para elaboração de produtos cozidos, pois durante o tratamento térmico haverá menor liberação de água (RAMOS; GOMIDE, 2007).

### **3.5 Efeito da insensibilização sobre a qualidade da carne**

Devido à grande demanda por carnes de qualidade, a indústria tem trabalhado para melhorar as características da carne comercializada. Elevar a suculência, maciez, sabor, e diminuir a incidência de problemas indesejáveis são os principais objetivos. Agentes estressores causam mudanças significativas em alguns parâmetros fisiológicos do animal (BARBUT et al., 2008; ZIMERMAN et al., 2011)

Os parâmetros elétricos utilizados na insensibilização podem afetar diretamente na qualidade da carne. SIRRI et al. (2017), avaliou a influencia de diferentes correntes, (90 mA e 150 mA), na mesma frequência (400 Hz) no processo

de insensibilização. A utilização de corrente mais elevada causou uma incidência maior de hemorragias, no entanto, a perda por gotejamento foi menor.

Melhor qualidade na carne foi evidenciada quando utilizado uma insensibilização realizada com 120 V e 750 Hz. Esses fatores demonstraram mais efetividade para inibir o desenvolvimento de carne PSE em frangos, sugerindo que os animais sofreram menos estresse (KISSEL et al. 2015).

Altas frequências (1000 Hz) tiveram como resultado uma perda por cozimento menor. O mesmo acontece quando alta frequência é combinada com alta corrente (65 V, 86 mA e 1000 Hz). A força de cisalhamento diminuiu com altas frequências (400 Hz e 1000 Hz) o mesmo acontece quando altas frequências são combinadas com correntes também altas (67 mA e 86 mA). O contrário ocorre quando a frequência de 1000 Hz é combinada com a corrente baixa de 47 mA. Pode-se concluir que o bem-estar animal e a qualidade da carne são influenciados negativamente quando utiliza-se correntes baixas e alta frequência (XU et al., 2011).

A força de cisalhamento foi menor nos tratamentos de 500 e 900 Hz, no entanto, a perda por gotejamento foi maior. As frequências de 500, 800 e 900 Hz causaram maiores danos nas asas. O pH final e a cor das carcaças não variou em nenhum tratamento (HUANG et al., 2017).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

#### 4.1.1 Animais

Foram utilizadas aves de um lote misto, da linhagem Cobb, com idade em torno de 45 a 49 dias e peso médio de 2,8 kg. As aves foram abatidas em planta industrial localizada no sudoeste do Paraná, que abate em média 140 mil aves por dia e é habilitado para exportação de carne de frango para a comunidade europeia. Foram utilizados frangos de um único lote de aves, para garantir as mesmas condições *ante mortem* de bem-estar animal (dieta hídrica, apanha, carregamento, transporte, descanso e pendura).

A pesquisa teve início após a aprovação do projeto pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA da UTFPR conforme protocolo n°: 2020-07.

#### 4.1.2 Sistema de insensibilização

Para realizar o processo de insensibilização foi utilizado o insensibilizador de aves modelo UFX 7, da marca Fluxo Eletrônica Industrial. O equipamento pode ser programado, possibilitando a escolha do formato da onda para corrente contínua ou alternada. A corrente trabalha com valores máximos e mínimos de 0 e 6 A. O mesmo trabalha com valores de frequência que variam de 20 a 3000 Hz, é possível ainda regular o ciclo de trabalho (*duty cycle*) entre 10 a 90% e a tensão de saída de 10 a 350 VRMS.

### 4.2 Métodos

#### 4.2.1 Delineamento experimental

Conforme o Regulamento 1099/2009 (COMISSÃO EUROPÉIA, 2009) da

União Européia que estabelece os requisitos para os parâmetros de insensibilização de aves, e levando em consideração dados observados na literatura foram desenvolvidas as combinações utilizadas no trabalho, para determinar qual resulta em uma insensibilização eficiente. Na tabela 2 estão descritas as variáveis independentes e respectivos níveis de variação que foram obtidas a partir de um delineamento fatorial com 2 fatores (variáveis independentes), que totalizaram 9 ensaios. As variáveis independentes, objeto deste estudo, foram a Frequência nos níveis de 700; 1100 e 1500 Hz, e o *duty cycle* nos níveis de 15, 25 e 40%.

**Tabela 2:** Variáveis e níveis de variação.

| Níveis | Variáveis                        |                                 |
|--------|----------------------------------|---------------------------------|
|        | Frequência (Hz) – X <sub>1</sub> | Duty cycle (%) – X <sub>2</sub> |
| -1     | 700                              | 15                              |
| 0      | 1100                             | 25                              |
| +1     | 1500                             | 40                              |

Fonte: Autoria Própria (2020).

Os tratamentos utilizados e as combinações das variáveis independentes que foram utilizadas no desenvolvimento do trabalho estão descritas na tabela 3.

**Tabela 3:** Planejamento experimental de 2 fatores com 3 níveis.

| Ensaio | Codificados |    | Reais           |                |               |
|--------|-------------|----|-----------------|----------------|---------------|
|        | X1          | X2 | Frequência (Hz) | Duty cycle (%) | Corrente (mA) |
| 1      | -1          | -1 | 700             | 15             | 200           |
| 2      | -1          | +1 | 700             | 40             | 200           |
| 3      | -1          | 0  | 700             | 25             | 200           |
| 4      | +1          | +1 | 1500            | 40             | 200           |
| 5      | +1          | -1 | 1500            | 15             | 200           |
| 6      | +1          | 0  | 1500            | 25             | 200           |
| 7      | 0           | 0  | 1100            | 25             | 200           |
| 8      | 0           | +1 | 1100            | 40             | 200           |
| 9      | 0           | -1 | 1100            | 15             | 200           |

Fonte: Autoria Própria (2020).

#### 4.2.2 Análises físico-químicas da carne

Para realizar as análises físico-químicas da carne, na sala de cortes, foram coletadas 20 amostras de peito de cada ensaio experimental. As mesmas foram armazenadas em sacos de coleta e encaminhadas ao laboratório de físico-química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Francisco Beltrão, para a execução das análises.

##### 4.2.2.1 Análise de pH

As análises de pH foram realizadas em 20 amostras de peito de cada tratamento, no momento da coleta (cerca de 2h *post-mortem*) e 24 horas *post-mortem*, com o auxílio de um pHmetro digital portátil (Testo, Germany), para cada amostra foi efetuada a leitura em 3 pontos diferentes do músculo *Pectoralis major*, como descrito por Olivo et al., (2001).

##### 4.2.2.2 Análise de cor

Para cada tratamento a análise de cor foi realizada em 20 amostras com o auxílio de um colorímetro (modelo CR400/410, Konica Minolta, Japan), a leitura foi feita em 3 pontos distintos da face ventral do filé, os parâmetros analisados incluem  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (componentes vermelhos),  $b^*$  (componentes amarelos), a razão  $a^*/b^*$  foi calculada pela divisão do valor de  $a^*$  por  $b^*$ , a metodologia foi realizada conforme descrito por Olivo et al., (2001).

##### 4.2.2.3 Classificação dos filés

A classificação dos filés foi realizada da seguinte maneira, os que apresentaram valores de  $L^* \geq 53$  e  $pH \leq 5,8$  foram classificados como PSE, os que apresentaram um valor de  $L^* < 44$  e  $pH > 6,0$  foram classificados como DFD e os filé normais apresentaram  $44 < L^* < 53$  e  $pH$  entre 5,8 e 6,0 (SHIMOKOMAKI et al., 2000).

#### 4.2.2.4 Capacidade de retenção de água (CRA)

Assim como descrito por Hamm (1961) a determinação da capacidade de retenção de água, consistiu em fatiar os filés em cubos de 0,5 g e coloca-los entre dois filtros de papel (modelo Whatman™, Ge Healthcare, USA), e logo após entre duas placas de acrílico sobre a qual foi aplicado um peso de 10 kg durante 5 minutos, ao final desse período as amostras foram retiradas e pesadas novamente. A capacidade de retenção de água foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$CRA(\%) = 100 - \left( \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \right)$$

#### 4.2.2.5 Análise de perda por gotejamento

Amostras de 100 g foram retiradas do filé, para evitar a desidratação da carne as amostras foram penduradas dentro de sacos plásticos inflados e fechados, pendurados dentro da geladeira e mantidos por 48 horas a 4° C. Após esse tempo as amostras foram retiradas e pesadas novamente. As amostras não ficaram em contato com a embalagem plástica. Para calcular a porcentagem de perda foi utilizada a seguinte fórmula (HONIKEL, 1998).

$$\text{Perda por gotejamento}(\%) = 100 - \left( \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \right)$$

#### 4.2.2.6 Análise de Textura

Para realizar a análise foram retiradas amostras da parte posterior do músculo *Pectoralis major*, de cada amostra foram feitos seis cubos com 1,0 x 1,0 x 2,0 cm<sup>3</sup> (altura, largura, comprimento). A avaliação de textura foi realizada utilizando um texturômetro TAXT Plus marca Stable Micro Systems, munido de uma lâmina Warner

Bratzler, 2 mm/s. As amostras foram posicionadas no equipamento com as fibras no sentido perpendicular às lâminas do mesmo (BRATZLER, 1949). Os resultados foram obtidos em Newton (N), sendo a força máxima necessária para o corte das amostras.

#### 4.2.2.7 Análise Estatística

A avaliação dos dados foi realizada por meio do teste de análise de variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey utilizando o programa STATISTIC 7.0e.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 4 apresenta os resultados das avaliações do pH realizadas 2 horas e 24 horas após o abate, e da cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e razão  $a^*/b^*$ ).

Pode-se evidenciar que a interação entre a frequência de 1500 Hz e *duty cycle* de 25%, resultou em  $pH^{*2h}$  significativamente ( $p < 0,05$ ) menor, comparado aos demais ensaios. O  $pH^{*2h}$  significativamente maior ( $p < 0,05$ ) foi evidenciado na interação entre a frequência de 700 Hz e *duty cycle* de 15%. Huang et al., (2017) avaliaram a influência das frequências de 500 Hz, 600 Hz, 700 Hz, 800 Hz e 900 Hz, o estudo mostra que o pH 2 horas, foi significativamente menor para as frequências de 500 Hz e 900 Hz. O resultado encontrado, deve-se ao fato de que baixas frequências tem menor potencial para causar a inconsciência necessária para insensibilização, ocasionado um estresse maior a ave (HUANG et al., 2017). No entanto, a junção de frequência e corrente alta também podem levar a um declínio de pH mais rápido (SANTE et al., 2000). As frequências de 600 Hz, 700 Hz e 800 Hz não foram significativamente diferentes, mas apresentaram os maiores valores de pH. Assim, corroborando com o resultado do presente trabalho, em que a frequência de 700 Hz e *duty cycle* de 15%, apresentou o maior pH.

O valor de  $pH^{*24h}$  *post mortem* não foi significativamente afetado pelas diferentes faixas de frequência e *duty cycle* empregados nos tratamentos, ou seja, as médias não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). O mesmo resultado foi encontrado por Huang et al. (2017) e Huang et al. (2014), em seu trabalho as diferentes frequências testadas também não foram significativas para o  $pH^{*24h}$ .

Para o parâmetro de cor ( $L^*$ ) tanto o fator frequência quanto o fator *duty cycle* apresentaram diferença. O valor de  $L^*$  foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior na frequência de 1100 Hz do que na frequência de 700 Hz. O valor de  $L^*$  também foi maior para *duty cycle* de 25% e o menor valor foi observado em um *duty cycle* de 15%. É possível observar que a frequência de 1500 Hz resultou em maior valor significativo ( $p < 0,05$ ) para o parâmetro de cor  $a^*$ . Valores de  $a^*$  positivos, indicam coloração vermelha na carne (MACDOUGAL, 1994). Para cor  $b^*$ , foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ), de forma individualizada os resultados tiveram influência predominante da frequência no nível de 1100 e Hz, e *duty cycle* a 25%.



Ao avaliar os efeitos da insensibilização elétrica em frangos, Huang et al. (2014) e Huang et al. (2017) não encontram diferenças significativas dos parâmetros ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) nos diferentes tratamentos empregados. O mesmo resultado foi observado por Sirri *et al.*, (2017), que avaliou o uso de diferentes correntes (150 mA e 90 mA) na frequência de 400 Hz. No entanto Kissel et al., (2015), que investigou a influência da insensibilização elétrica sobre o estresse e qualidade da carne de frango, teve como resultado que os valores dos parâmetros de cor ( $L^*$  e  $a^*$ ), em frangos não insensibilizados foram significativamente maior es quando comparados com frangos submetidos a insensibilização. A coloração avermelhada presente na carne pode ser devido a retirada incompleta de sangue da carcaça. Quando o pescoço é seccionado, em frangos não insensibilizados a força motriz é insuficiente para expulsar todos o sangue presente nos músculos. Quando ocorre a insensibilização, a pressão sanguínea no sistema arterial e o ritmo dos batimentos cardíacos aumentam, tornando a sangria mais eficiente (KISSEL et al., 2015). No presente estudo, todos os frangos estavam insensibilizados, e portanto o único fator que não foi avaliado por nenhum dos autores citados, é o *duty cycle*, que pode ter influenciado na coloração da carne.

No presente trabalho a razão  $a^*/b^*$  teve interferência significativa somente para o fator frequência ( $p < 0,05$ ). É possível observar que a frequência de 1500 Hz apresentou valores superiores da 700 Hz, análoga ao que aconteceu com o parâmetro de cor  $a^*$ . Segundo Olivo et al., (2001), a razão  $a^*/b^*$ , pode ser utilizada para estabelecer a proporção entre oximioglobina e metamioglobina. Em seu estudo quanto maior a quantidade de oximioglobina presente na carne, maior é o valor da razão  $a^*/b^*$ , e portanto mais vermelha é a carne. A partir desses resultados, é possível afirmar que a frequência de 1500 Hz, foi capaz de interferir na quantidade de mioglobina, responsável pela coloração vermelha brilhante, ou seja, resultou em uma carne mais vermelha.

**Tabela 4:** Valores de pH (2 horas e 24 horas) e Cor (L\*, a\*, b\*, razão a/b) em peito de frango com relação aos fatores frequência e *duty cycle* como parâmetros de insensibilização de frangos.

| Ensaio                | pH* <sup>2h</sup>         |        | pH* <sup>24h</sup> |        | L*                         |        | a*                        |        | b*                         |        | Razão a*/b*               |        |
|-----------------------|---------------------------|--------|--------------------|--------|----------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|---------------------------|--------|
|                       | Média ± DP                | CV (%) | Média ± DP         | CV (%) | Média ± DP                 | CV (%) | Média ± DP                | CV (%) | Média ± DP                 | CV (%) | Média ± DP                | CV (%) |
| 700                   | 6,58 ± 0,22               | 3,3    | 6,07 ± 0,18        | 2,96   | 55,41 <sup>a</sup> ± 3,19  | 5,75   | 2,17 <sup>a</sup> ± 1,32  | 60,83  | 9,78 <sup>a</sup> ± 1,80   | 18,40  | 0,22 ± 0,13 <sup>a</sup>  | 59,09  |
| 1100                  | 6,69 ± 0,14               | 2,1    | 6,07 ± 0,15        | 2,47   | 56,50 <sup>b</sup> ± 2,31  | 4,09   | 2,55 <sup>ab</sup> ± 0,96 | 37,64  | 11,17 <sup>b</sup> ± 1,43  | 12,80  | 0,23 ± 0,09 <sup>ab</sup> | 39,13  |
| 1500                  | 6,46 ± 0,18               | 2,8    | 6,08 ± 0,13        | 2,13   | 56,17 <sup>ab</sup> ± 2,89 | 5,14   | 2,87 <sup>b</sup> ± 1,76  | 61,32  | 10,20 <sup>a</sup> ± 1,49  | 14,60  | 0,29 ± 0,22 <sup>b</sup>  | 75,86  |
| <b>p-valor</b>        | <b>0,0000</b>             |        | <b>0,9200*</b>     |        | <b>0,0240</b>              |        | <b>0,0113</b>             |        | <b>0,0000</b>              |        | <b>0,0289</b>             |        |
| <b>DC (%)</b>         |                           |        |                    |        |                            |        |                           |        |                            |        |                           |        |
| 15                    | 6,65 ± 0,23               | 3,5    | 6,09 ± 0,18        | 2,95   | 54,94 <sup>a</sup> ± 2,87  | 5,22   | 2,46 ± 1,44               | 58,53  | 9,87 <sup>a</sup> ± 1,56   | 15,81  | 0,25 ± 0,14               | 56,00  |
| 25                    | 6,56 ± 0,18               | 2,8    | 6,06 ± 0,14        | 2,31   | 57,22 <sup>b</sup> ± 2,60  | 4,54   | 2,48 ± 1,16               | 46,77  | 10,98 <sup>b</sup> ± 1,68  | 15,30  | 0,26 ± 0,15               | 57,69  |
| 40                    | 6,51 ± 0,19               | 2,9    | 6,07 ± 0,14        | 2,31   | 55,91 <sup>c</sup> ± 2,61  | 4,67   | 2,64 ± 1,60               | 60,61  | 10,31 <sup>a±</sup> ± 1,62 | 15,71  | 0,24 ± 0,18               | 75,00  |
| <b>p-valor</b>        | <b>0,0000</b>             |        | <b>0,5010*</b>     |        | <b>0,0000</b>              |        | <b>0,6665*</b>            |        | <b>0,0004</b>              |        | <b>0,6499*</b>            |        |
| <b>F(Hz) X DC (%)</b> |                           |        |                    |        |                            |        |                           |        |                            |        |                           |        |
| 700 X 15              | 6,82 <sup>a</sup> ± 0,12  | 1,7    | 6,07 ± 0,22        | 3,62   | 54,53 ± 3,99               | 7,32   | 1,91 ± 0,75               | 39,26  | 8,89 ± 1,60                | 17,99  | 0,21 ± 0,07               | 33,33  |
| 700 X 40              | 6,54 <sup>f</sup> ± 0,13  | 2,0    | 6,04 ± 0,17        | 2,81   | 56,45 ± 2,57               | 4,55   | 2,28 ± 1,82               | 79,82  | 9,75 ± 1,73                | 17,74  | 0,24 ± 0,18               | 75,00  |
| 700 X 25              | 6,39 <sup>c</sup> ± 0,12  | 1,9    | 6,10 ± 0,13        | 2,13   | 55,24 ± 2,67               | 4,83   | 2,34 ± 1,18               | 50,42  | 10,71 ± 1,65               | 15,41  | 0,22 ± 0,11               | 50,00  |
| 1500 X 40             | 6,67 <sup>d</sup> ± 0,09  | 1,3    | 6,08 ± 0,11        | 2,14   | 55,77 ± 3,18               | 5,70   | 2,85 ± 1,89               | 66,32  | 10,12 ± 1,52               | 15,02  | 0,29 ± 0,25               | 86,21  |
| 1500 X 15             | 6,39 <sup>e</sup> ± 0,09  | 1,4    | 6,12 ± 0,14        | 2,63   | 54,83 ± 1,74               | 3,17   | 3,14 ± 2,08               | 66,24  | 10,13 ± 1,05               | 10,36  | 0,31 ± 0,20               | 64,52  |
| 1500 X 25             | 6,31 <sup>f</sup> ± 0,11  | 1,7    | 6,03 ± 0,13        | 2,48   | 57,90 ± 2,77               | 4,78   | 2,61 ± 1,26               | 48,28  | 10,35 ± 1,86               | 17,97  | 0,28 ± 0,21               | 75,00  |
| 1100 X 25             | 6,63 <sup>f</sup> ± 0,14  | 2,1    | 6,04 ± 0,15        | 2,15   | 57,31 ± 2,27               | 2,27   | 2,50 ± 1,07               | 42,80  | 11,87 ± 1,14               | 9,60   | 0,21 ± 0,09               | 42,86  |
| 1100 X 40             | 6,70 <sup>a</sup> ± 0,10  | 1,5    | 6,08 ± 0,13        | 1,81   | 56,72 ± 1,80               | 3,17   | 2,82 ± 0,93               | 32,98  | 11,06 ± 1,36               | 12,30  | 0,26 ± 0,08               | 30,77  |
| 1100 X 15             | 6,74 <sup>af</sup> ± 0,16 | 2,4    | 6,08 ± 0,16        | 2,29   | 55,46 ± 2,51               | 4,52   | 2,34 ± 0,86               | 36,75  | 10,59 ± 1,51               | 14,25  | 0,23 ± 0,10               | 43,47  |
| <b>p-valor</b>        | <b>0,0000</b>             |        | <b>0,4360*</b>     |        | <b>0,4970*</b>             |        | <b>0,3253*</b>            |        | <b>0,2192*</b>             |        | <b>0,9479*</b>            |        |

F: Frequência; DC: *Duty Cycle*; CV: Coeficiente de Variação; DP: Desvio Padrão; \*: Não há diferença significativa a nível de significância de 5%, (p>0,05); <sup>a-g</sup>: As médias na mesma coluna com letras diferentes são significativamente diferentes em p< 0.05

Fonte: Autoria própria, 2021

**Tabela 5:** Faixas de pH e cor, com relação aos fatores frequência e *duty cycle* como parâmetros de insensibilização de frangos.

| F (Hz) X DC (%)       | pH*2h       | pH*24h      | n <sup>pH</sup> | L*            | n <sup>L</sup> | a*           | b*           | Razão a*/b* |
|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|---------------|----------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>1- (700 X 15)</b>  | 6,60 – 7,08 | 5,76 – 6,86 | 1               | 49,33 – 61,18 | 12             | 0,99 – 3,43  | 6,06 – 11,08 | 2,30 – 4,72 |
| <b>2- (700 X 40)</b>  | 6,29 – 6,75 | 5,83 – 6,57 | 0               | 50,89 – 59,95 | 16             | 0,37 – 8,94  | 6,09 – 12,65 | 2,24 – 7,14 |
| <b>3- (700 X 25)</b>  | 6,23 – 6,61 | 5,78 – 6,32 | 1               | 52,34 – 63,08 | 18             | 0,56 – 5,14  | 7,03 – 14,05 | 2,80 – 5,12 |
| <b>4- (1500 X 40)</b> | 6,15 – 6,50 | 5,88 – 6,32 | 0               | 44,89 – 59,76 | 18             | 1,30 – 9,89  | 7,73 – 14,80 | 2,50 – 8,36 |
| <b>5- (1500 X 15)</b> | 6,22 – 6,51 | 5,84 – 6,35 | 0               | 50,88 – 58,38 | 18             | 1,53 – 10,77 | 7,72 – 11,97 | 2,14 – 4,12 |
| <b>6- (1500 X 25)</b> | 6,43 – 6,85 | 5,78 – 6,25 | 1               | 49,14 – 61,46 | 19             | 1,27 – 6,40  | 6,74 – 13,49 | 2,03 – 5,12 |
| <b>7- (1100 X 25)</b> | 6,36 – 6,87 | 5,79 – 6,38 | 1               | 53,92 – 61,28 | 20             | 1,06 – 4,58  | 9,82 – 14,57 | 2,48 – 4,25 |
| <b>8- (1100 X 40)</b> | 6,47 – 6,89 | 5,79 – 6,31 | 1               | 52,43 – 60,74 | 19             | 1,08 – 4,11  | 8,96 – 14,50 | 2,70 – 4,42 |
| <b>9- (1100 X 15)</b> | 6,51 – 7,09 | 5,70 – 6,55 | 1               | 49,37 – 60,08 | 17             | 0,81 – 3,97  | 6,86 – 12,56 | 2,96 – 5,24 |

F: Frequência; DC: *Duty Cycle*; CRA: Capacidade de Retenção de Água; GOT: Gotejamento; n<sup>pH</sup>: número de amostras com pH < 5,8; n<sup>L</sup>: número de amostras com L\* ≥ 53.

Fonte: Autoria própria, 2021

Na tabela 5 estão descritas as faixas de  $\text{pH}^{*24\text{h}}$  para cada tratamento utilizado neste estudo. É possível notar que para os tratamentos 2, 4 e 5 não foram observados valores de  $\text{pH}^{*24\text{h}} < 5,8$ . Para os demais ensaios a incidência foi de 6 amostras com  $\text{pH}^{*24\text{h}} < 5,8$ . Nota-se também que a incidência de amostras em que o parâmetro de cor  $L^* \geq 53,0$  varia de 60% no tratamento 1 até 100% no tratamento 7. Esse resultado é confirmado através da tabela 4 onde valores médios de  $L^* > 53$  foram obtidos em ambas as condições experimentais, indicando uma predominância de carne de peito de frango pálida.

Os valores de pH e L são de suma importância, pois esses fatores são utilizados para classificação quanto a qualidade da carne de peito de frango. Na literatura, segundo vários estudos a carne de frango pode ser classificada como PSE ( $L^* \geq 53,0$  e  $\text{pH} \leq 5,8$ ), DFD ( $L^* < 44$  e  $\text{pH} > 6$ ), normal ( $44 < L^* < 53$  e  $5,8 < \text{pH} < 6,0$ ) (SHIMOKOMAKI et al., 2000). Nesse trabalho, é possível constatar uma elevada incidência de peitos de frango com o valores de  $L^*$  acima de 53, ou seja, os peitos de frango utilizados apresentam uma coloração pálida. No entanto, o valores de  $\text{pH}^{*24\text{h}}$  atingiram valores superiores a 5,8. Portanto, essas amostras de peito de frango, não atendem os dois parâmetros para as classificações apresentadas.

Kaminishikawahara et al., (2016) relata em seu trabalho que nos últimos anos vários frigoríficos têm observaram que os filés de frango tem apresentado uma coloração com valores de  $L^*$  elevados, mas não apresentam o pH característico da carne PSE. Em sua pesquisa, um novo grupo de classificação para anomalias em carne de frango foi descrito. A carne PFN (Pale, firm, Non-exudative) apresenta aspectos de cor pálida, textura firme e não exsudativa,  $\text{pH} > 5,8$  e  $L^* > 53$ . Silva-Buzanello et al., (2018) que comparou dois métodos de insensibilização de frangos utilizados pela indústria, também teve como resultado  $\text{pH} > 5,8$  e  $L^* > 53$ . Possivelmente, no presente estudo foi observado a mesma anomalia.

Observa-se na tabela 6, que houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), para capacidade de retenção de água (CRA). A maior média (66,66%) encontra-se na frequência de 1100 Hz e *duty cycle* de 25%. E menor (58,67%) valor de CRA encontra-se no tratamento que utilizou frequência de 700 Hz e *duty cycle* de 40%.

Wilhelm et al., (2010) observou em seu estudo que filés normais apresentaram CRA de 69,62%, e os filés classificados como PSE 65,66%. Para Kaminishikawahara et al., (2014), filés normais apresentaram CRA de 70,49%, filés PSE 65,59% e os filés

pálidos apresentaram um valor intermediário de 68,62%. Ao comparar os resultados dos autores citados, com o respectivo trabalho, nota-se que todos os tratamentos utilizados classificam-se como PSE. No entanto em nenhum dos trabalhos citados foram descritos os parâmetros de insensibilização utilizados o que torna mais difícil identificar as causas da diferença.

**Tabela 6:** Avaliação da Capacidade de retenção de água, do Gotejamento e da Textura de peito de frango em relação aos fatores frequência e *duty cycle* como parâmetros de insensibilização de frangos.

| Ensaio                 | CRA                          |        | Gotejamento    |        | Textura                    |        |
|------------------------|------------------------------|--------|----------------|--------|----------------------------|--------|
|                        | Média ± DP                   | CV (%) | Média ± DP     | CV (%) | Média ± DP                 | CV (%) |
| <b>F (Hz)</b>          |                              |        |                |        |                            |        |
| 700                    | 59,38 <sup>a</sup> ± 2,09    | 3,51   | 3,75 ± 1,09    | 29,06  | 19,63 <sup>a</sup> ± 7,49  | 38,15  |
| 1100                   | 63,25 <sup>b</sup> ± 4,74    | 7,49   | 3,71 ± 0,58    | 15,63  | 23,12 <sup>b</sup> ± 6,89  | 29,80  |
| 1500                   | 62,89 <sup>b</sup> ± 3,69    | 5,86   | 3,59 ± 1,33    | 37,04  | 22,82 <sup>b</sup> ± 7,97  | 34,92  |
| <b>p-valor</b>         | <b>0,0000</b>                |        | <b>0,8370*</b> |        | <b>0,0000</b>              |        |
| <b>DC (%)</b>          |                              |        |                |        |                            |        |
| 15                     | 61,27 <sup>a</sup> ± 2,80    | 4,57   | 3,57 ± 0,67    | 18,77  | 22,13 ± 6,93               | 31,31  |
| 25                     | 63,97 <sup>b</sup> ± 4,18    | 6,53   | 3,58 ± 0,78    | 21,79  | 22,53 ± 8,42               | 37,37  |
| 40                     | 60,27 <sup>a</sup> ± 4,12    | 6,84   | 3,90 ± 1,47    | 37,69  | 20,92 ± 7,36               | 35,18  |
| <b>p-valor</b>         | <b>0,0000</b>                |        | <b>0,4000*</b> |        | <b>0,0989*</b>             |        |
| <b>F (Hz) X DC (%)</b> |                              |        |                |        |                            |        |
| 700 X 15               | 59,57 <sup>ad</sup> ± 2,06   | 3,46   | 3,58 ± 0,69    | 19,27  | 19,36 <sup>a</sup> ± 6,74  | 34,81  |
| 700 X 40               | 58,67 <sup>a</sup> ± 1,93    | 3,29   | 3,86 ± 1,64    | 42,48  | 20,79 <sup>ac</sup> ± 8,21 | 39,49  |
| 700 X 25               | 59,90 <sup>ae</sup> ± 2,28   | 3,81   | 3,81 ± 1,79    | 46,98  | 18,74 <sup>a</sup> ± 7,42  | 39,59  |
| 1500 X 40              | 62,68 <sup>ab</sup> ± 3,25   | 5,19   | 4,10 ± 1,99    | 48,54  | 20,34 <sup>ac</sup> ± 7,73 | 38,00  |
| 1500 X 15              | 60,61 <sup>a±</sup> 2,78     | 4,59   | 3,29 ± 0,61    | 18,54  | 23,15 <sup>bc</sup> ± 5,55 | 23,97  |
| 1500 X 25              | 65,38 <sup>bc</sup> ± 3,57   | 5,46   | 3,39 ± 0,95    | 28,02  | 24,96 <sup>b</sup> ± 9,53  | 38,18  |
| 1100 X 25              | 66,66 <sup>bcf</sup> ± 3,12  | 4,68   | 3,55 ± 0,60    | 16,90  | 23,88 <sup>bc</sup> ± 6,83 | 28,60  |
| 1100 X 40              | 59,46 <sup>a</sup> ± 5,50    | 9,24   | 3,74 ± 0,50    | 13,37  | 21,62 <sup>ab</sup> ± 6,02 | 27,84  |
| 1100 X 15              | 63,63 <sup>bdef</sup> ± 1,84 | 2,89   | 3,84 ± 0,66    | 17,19  | 23,87 <sup>bc</sup> ± 7,59 | 31,80  |
| <b>p-valor</b>         | <b>0,0039</b>                |        | <b>0,6540*</b> |        | <b>0,0096</b>              |        |

F: Frequência; DC: *Duty Cycle*; CV: Coeficiente de Variação; DP: Desvio Padrão;\*: Não há diferença significativa a nível de significância de 5%, ( $p > 0,05$ ); <sup>a-g</sup>: As médias na mesma coluna com letras diferentes são significativamente diferentes em  $p < 0,05$ .

Fonte: Autoria própria, 2021

Parteca (2016) avaliou a influência de diferentes parâmetros elétricos, a frequência variou de 50 Hz a 1000 Hz, corrente de 250 mA e 400 mA, e a Tensão de 150 V e 190 V, em seu estudo não foram identificadas diferenças significativas para CRA entre os tratamentos analisados. Os diferentes resultados encontrados entre o presente estudo e as referências citadas, pode estar relacionado com o fator *duty cycle* utilizado nos tratamentos.

Com relação aos valores de perda por gotejamento, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os filés de frango provenientes dos diferentes tratamentos. Huang et al., (2017), identificaram que a perda por gotejamento foi maior nas frequências de 500 Hz e 900 Hz, os mesmos tratamentos tiveram um declínio de pH (5,82 e 5,79) mais rápido que os demais, causando uma desnaturação proteica, tendo como resultado maior perda por gotejamento. No presente trabalho, o menor pH encontrado foi de 6,31 indicando que não houve desnaturação proteica. Quanto menor o pH, ou seja, mais próximo do ponto isoelétrico das proteínas (5,2 - 5,3), menor é a capacidade de retenção de água da proteína, se o pH estiver acima do ponto isoelétrico haverá um espaço maior para as moléculas de água entre os filamentos musculares (LAWRIE, 2005). Ao avaliar diferentes frequências (300 Hz, 480 Hz e 600 Hz) no processo de insensibilização de perus, Sante et al., 2000, obteve resultado similar ao presente trabalho onde a perda por gotejamento não teve diferença significativa entre os tratamentos. É possível constatar que as frequências utilizadas por Sante et al., 2000 são inferiores quando comparadas com as frequências empregadas nesse trabalho, portanto o fator *duty cycle* pode ter contribuído para os resultados.

Nota-se ainda na tabela 5 que a textura foi influenciada, pela frequência e pela interação frequência e *duty cycle*. A maior força de cisalhamento (24,96 N) foi identificada no tratamento de 1500 Hz e *duty cycle* de 25%, e a menor (18,74 N) no tratamento de 700 Hz e *duty cycle* de 25%. Para Huang et al. (2017), que também avaliou a frequência de 700 Hz, a força de cisalhamento foi de 29,2 N, indicando que neste caso o *duty cycle* de 25% possa ter contribuído para a maciez da carne. Em seu estudo Parteca (2016) avaliou a textura da carne de peru após serem insensibilizados com o uso de frequências variando entre 50 Hz a 1000 Hz, e não identificou diferença significativa em nenhum dos 9 ensaios realizados, indicando mais uma vez que o *duty cycle* contribuiu para o resultado do presente estudo.

## 6. CONCLUSÃO

Com a realização deste estudo, é possível concluir que para  $\text{pH}^{*2\text{h}}$ , a interação entre a frequência e *duty cycle* foram significativas, e os menores valores de  $\text{pH}^{*2\text{h}}$  encontram-se na frequência de 1100 Hz e 1500 Hz com *duty cycle* de 25%. Para cor, os filés mais pálidos foram observados nas frequências de 1100 Hz e 1500 Hz, o mesmo ocorreu no *duty cycle* de 25%. Para razão  $a^*/b^*$  e parâmetro de cor  $a^*$ , a frequência de 1500 Hz resultou em valores mais elevados. Para o parâmetro de cor  $b^*$ , a frequência de 1100 Hz e o *duty cycle* de 25% de forma individual, resultaram nos maiores valores. A maior capacidade de retenção de água foi obtida na interação da frequência de 1100 Hz e *duty cycle* de 25%. E a textura mais firme foi identificada no ensaio de 1500 Hz e *duty cycle* de 25%. O  $\text{pH}^{*24\text{h}}$  e a perda por gotejamento não apresentaram diferença significativa a nível de significância de 5%.

Não foi possível avaliar a incidência de carne PSE e DFD através dos valores pH e parâmetro de cor  $L^*$  estabelecidos pela literatura, pois a grande maioria dos filés apresentou valores de  $\text{pH} > 5,8$  e  $L^* > 53$ . No entanto a partir dos valores de pH e  $L^*$  obtidos, foi possível observar alta incidência da anomalia PFN em todos os ensaios. Esses resultados obtidos possivelmente não estão associados aos parâmetros de insensibilização avaliados.

Portanto, sugere-se que sejam realizados novos estudos, para avaliar se a variação de pH e de  $L^*$  foram influenciados pelos parâmetros de insensibilização estabelecidos pelo Regulamento Europeu. Ou ainda associar na avaliação as demais etapas de bem-estar sobre a incidência da anomalia PFN em carne de frango.

## REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2020**, p. 28, 2020.

ADZITEY, Frederick; HUDA, Nurul. **Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences** - a mini review. *International Food Research Journal*, S.I., v. 1, n. 18, p.11-20, 2011.

ANADÓN, Héctor L. Santiago. **Biological, Nutritional, and Processing Factors Affecting Breast Meat Quality of Broilers**. 2002. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Animal And Poultry Sciences, Faculty Of Virginia Polytechnic Institute And State, Blacksburg, 2002

BAUTISTA, y et al. **Efecto del estrés por calor y tiempo de espera ante mortem en las características fisicoquímicas y la calidad de la carne de pollo**. *Archivos de Medicina Veterinaria*, [s.l.], v. 48, n. 1, p.89-97, 2016. SciELO Comision Nacional delInvestigacion Cientifica Y Tecnologica (CONICYT). <http://dx.doi.org/10.4067/s0301-732x2016000100011>.

BARBUT, S. et al. **Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat**. *Meat Science*, [s.l.], v. 79, n. 1, p.46-63, maio 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.031>.

BENDIXEN, Eموke. **The use of proteomics in meat science**. *Meat Science*, [s.l.], v. 71, n. 1, p.138-149, set. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.013>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 365, de 16 de julho de 2021. **Regulamento Técnico de Manejo Pré-abate e Abate humanitário e os métodos de insensibilização autorizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Diário Oficial da União, Brasília, 23 jul. 2021. Seção 1, p 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. **Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiénico- Sanitária de Carnes de Aves**. Diário Oficial da União, Brasília, 26 nov. 1998. Seção 1, p 226.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Diário Oficial da União, Brasília, 2017

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 56, de 6 de novembro de 2008. **Procedimentos gerais de Recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico**. Diário Oficial da União, Brasília, 2008

BRATZLER, L. J. **Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method**. *Proceedings of the Reciprocal Meat Conference*, v. 2, p. 114,



1949.

CARVALHO, Leila Moreira de et al. **Further evidence for the existence of broiler chicken PFN (pale, firm, non-exudative) and PSE (pale, soft, exudative) meat in brazilian commercial flocks.** Food Science And Technology, [s.l.], v. 38, n. 4, p.704-710, 16 abr. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/fst.15617>.

CARVALHO, Rafael H. et al. **Underlying connections between the redox system imbalance, protein oxidation and impaired quality traits in pale, soft and exudative (PSE) poultry meat.** Food Chemistry, [s.l.], v. 215, p.129-137, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.182>.

ÇELEN, Mehmet Fatih et al. **Comparison of normal and PSE turkey breast meat for chemical composition, pH, color, myoglobin, and drip loss.** Revista Brasileira de Zootecnia, [s.l.], v. 45, n. 8, p.441-444, ago. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902016000800003>.

CE, 2009. COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) n. 1099/2009, de 24 de setembro de 2009. **Relativo à Protecção dos Animais no Momento da Occisão.** Jornal Oficial da União Europeia, Bruxelas, 2009.

COSTA, Sérgio (org.). **The saga of the brazilian poultry industry: how Brazil has become the world's largest exporter of chicken meat = a saga da avicultura brasileira: como o Brasil se tornou o maior exportador mundial de carne de frango.** Rio de Janeiro: Insight; São Paulo: UBABEF, 2011. 120p.

DADGAR, S. et al. **Characteristics of cold-induced dark, firm, dry broiler chicken breast meat.** British Poultry Science, [s.l.], v. 53, n. 3, p.351-359, jun. 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2012.695335>.

DEVOS, G.; MOONS, C.P.H.; HOUF, K. Diversity, not uniformity: **Slaughter and electrical waterbath stunning procedures in Belgian slaughterhouses.** Poult. Sci. 2018, 97, 3369–3379.

DIAS, Cleandro Pazinato; SILVA, Caio Abércio da; MANTECA, Xavier. **The brazilian pig industry can adopt european welfare standards: a critical analysis.** Ciência Rural, [s.l.], v. 45, n. 6, p.1079-1086, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141040>.

DROVAL, A. A. et al. **Consumer attitudes and preferences regarding pale, soft, and exudative broiler breast meat.** The Journal Of Applied Poultry Research, [s.l.], v. 21, n. 3, p.502-507, 1 set. 2012. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2011-00392>.

FRANCO, Bruna Maria Remonato; SOUZA, Ana Paula Oliveira; MOLENTO, Carla Forte Maiolino. **Welfare-friendly Products: availability, labeling and opinion of retailers in Curitiba, Southern Brazil.** Revista de Economia e Sociologia Rural, [s.l.], v. 56, n. 1, p.9-18, mar. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560101>.

GIRASOLE, Mariagrazia et al. **Optimization of stunning electrical parameters to**

**improve animal welfare in a poultry slaughterhouse.** Italian Journal Of Food Safety, [s.l.], v. 4, n. 3, p.175-178, 8 set. 2015. PAGEPress Publications. <http://dx.doi.org/10.4081/ijfs.2015.4576>.

GIROLAMI, Antonio et al. **Measurement of meat color using a computer vision system.** Meat Science, [s.l.], v. 93, n. 1, p.111-118, jan. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.010>.

HAMM, Reiner. **Biochemistry of Meat Hydration.** Advances In Food Research, [s.l.], p.355-463, 1961.

HONIKEL, K. O. **Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat.** Meat Science, v. 49, n. 4, p. 447–457, 1998.

HUANG, J. C. et al. **The effects of electrical stunning methods on broiler meat quality: Effect on stress, glycolysis, water distribution, and myofibrillar ultrastructures.** Poultry Science, [s.l.], v. 93, n. 8, p.2087-2095, 22 jul. 2014. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03248>.

HUANG, J. C. et al. **Effect of electrical stunning frequency on meat quality, plasma parameters, and protein solubility of broilers.** Poultry Science, [s.l.], v. 96, n. 8, p.2986-2991, 23 mar. 2017. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex050>.

HUMANE SLAUGHTER ASSOCIATION (HSA). **Electrical Waterbath Stunning of Poultry.** Inglaterra. 2016.

JOSEPH, P. et al. **Broiler stunning methods and their effects on welfare, rigor mortis, and meat quality.** World's Poultry Science Journal, [s.l.], v. 69, n. 1, p.99-112, 25 fev. 2013. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0043933913000093>.

JOHNSON, Cia L.. **A review of bird welfare during controlled atmosphere and electrical water-bath stunning.** Journal of the American Veterinary Medical Association, [s.l.], v. 245, n. 1, p.60-68, jul. 2014. American Veterinary Medical Association (AVMA). <http://dx.doi.org/10.2460/javma.245.1.60>.

KAMINISHIKAWAHARA, C. M; MENDONÇA, F. J; GRESPAN, M. et al (2016) **Pale, Firm and Non-exudative (PFN): An evidence of An Emerging Major Broiler Breast Meat Color Group.** 18 th International Conf. on Agrivultural Sci. and Food Engineering, Tokyo, Japan.

KISSEL, Cassiana et al. **Eletrical Water Bath Stuning of Broilers: Efects on Breast Meat Quality.** Japan Poultry Science Association, Londrina, v. 52, p.74-80, 2015.

LAWRIE, R. A. *Ciência da carne*. 6. Ed. [s. l.]: Artmed, 2005. ISBN 85-363-0459-6. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07269a&AN=utfpr.212609&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em 2 ago, 2021.

LESIÓW, Tomasz; XIONG, Youling L. **A simple, reliable and reproductive method to obtain experimental pale, soft and exudative (PSE) pork.** *Meat Science*, [s.l.], v. 93, n.3, p.489-494, mar. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.022>.

LUDTKE, Charli Beatriz; CIOCCA, José Rodolfo; DANDIN, Tatiane; BARBALHO, Patrícia Cruz; VILELA, Juliana Andrade. **Abate humanitário de aves.** Rio de Janeiro: WSPA, 2015. 116 p.

MACDOUGALL, D.B. **Colour meat – its basis and importance.** In Pearson, A.M.; DUTSON, T.R. (ed) – *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product – Advances in meat research series*, Black Academic and Professional, v.9, p.34-78, 1994.

MALTIN, Charlotte et al. **Determinants of meat quality: tenderness.** *Proceedings Of the Nutrition Society*, [s.l.], v. 62, n. 2, p.337-347, maio 2003. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1079/pns2003248>.

MANCINI, R.a.; HUNT, M.c.. **Current research in meat color.** *Meat Science*, [s.l.], v. 71, n.1, p.100-121, set. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>.

MARCHI, Denis Fabrício et al. **Biochemical and Ultramicroscopic Evaluation of Myofibril Proteins and Collagen during Ageing in Broiler Chicken PSE (Pale, Sof, Exudative) Meat.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, [s.l.], v. 62, p.1-12, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2019180119>.

MIGLIAVACCA, A.; YANAGIHARA, J.I. **Mass Balance Applied to Brazilian Conventional Broiler Houses during One Production Cycle.** *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, [s.l.], v. 19, n. 1, p.75-86, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0365>.

MUCHENJE, V. et al. **Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review.** *Food Chemistry*, [s.l.], v. 112, n. 2, p.279-289, jan. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.103>.

MULLER, Amanda Teigão; PASCHOAL, Eliane Cuaglio; SANTOS, José Maurício Gonçalves dos. **Fatores pós-abate que influenciam a qualidade da carne de frango.** *Iniciação Científica Cesumar*, v. 15, n. 2, p.111-119, 2013.

NÄÄS, Ia et al. **Brazilian chicken meat production chain: a 10-year overview.** *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, [s.l.], v. 17, n. 1, p.87-94, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x170187-94>.

NORTHCUTT, Julie; BUHR, R. **Preslaughter factors affecting poultry meat quality.** *Poultry Meat Processing, Second Edition*, [s.l.], p.5-24, 9 fev. 2010. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/b15805-3>.

OLIVO, R. et al. **Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat**

**functional properties.** Journal of Food Biochemistry, v. 25, n. 4, p. 271–283, 2001.

OLIVO, Rubison. **O Mundo do Frango: Cadeia Produtiva da Carne de Frango.** Criciúma: Gêmeos Designer, 2006. 680 p.

POZNYAKOVSKIY, Valeriy et al. **About the quality of meat with pse and dfd properties.** Foods And Raw Materials, [s.l.], v. 3, n. 1, p.104-110, 1 jul. 2015. Kemerovo State University. <http://dx.doi.org/10.12737/11244>.

PARTECA, Sandro. **Avaliação dos parâmetros de insensibilização e os impactos na qualidade da carne de perus (*meleagris gallopavo*).** 2016. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

PRINZ, S. et al. **Electrical waterbath stunning: Influence of different waveform and voltage settings on the induction of unconsciousness and death in male and female broiler chickens.** Poultry Science, [s.l.], v. 91, n. 4, p.998-1008, 7 mar. 2012. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2009-00137>.

QU, Daofeng et al. **Development of class model based on blood biochemical parameters as a diagnostic tool of PSE meat.** Meat Science, [s.l.], v. 128, p.24-29, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.012>.

RAMOS, Eduardo Mendes; GOMIDE, Lúcio Alberto Miranda. **Avaliação da Qualidade da Carne: Fundamentos e Metodologias.** Viçosa: Ufv, 2007. 599 p.

SABOW, A.b. et al. **High frequency pre-slaughter electrical stunning in ruminants and poultry for halal meat production: A review.** Livestock Science, [s.l.], v. 202, p.124- 134, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.021>.

SANTE, V., G. Le Pottier, T. Astruc, M. Mouchoni`aqui, e X.Fernandez. 2000. **Efeito da frequência da corrente de atordoamento na carcaça e baixamento e qualidade da carne de peru.** Poult. Sci. 79: 1208–1214.

SATO, Denis. **Medida da corrente elétrica da frequência hibrida no cérebro de frangos para fins de insensibilização.** 2016. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

SCHENEIDER, Juliane Pavan. **Carne DFD em Frangos.** 2004. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA-BUZANELLO, Rosana Aparecida da *et al.* **Physicochemical and biochemical parameters of chicken breast meat influenced by stunning methods.** Poultry Science, Londrina, v. 97, n. 11, p. 3786-3792, nov. 2018.

SIQUEIRA, T. S. et al. **Effect of electrical stunning frequency and current waveform in poultry welfare and meat quality.** Poultry Science, [s.l.], v. 96, n. 8, p.2956-2964, 17 abr. 2017. Oxford University Press (OUP).

<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex046>.

SIRRI, F. et al. **Research Note Effect of EU electrical stunning conditions on breastmeat quality of broiler chickens**. Poultry Science, v. 96, n. 8, p. 3000–3004, 2017.

SHIMOKOMAKI, Massami et al. **Atualidades e m Ciência e Tecnologia da Carne**. São Paulo: Varela, 2000. 236 p.

SOARES, Karoline Mikaelle de Paiva; SILVA, Jean Berg Alves da; GÓIS, Vilson Alves de. **Parâmetros de qualidade de carnes e produtos cárneos: uma revisão**. Higiene Alimentar, Mossoró, v. 31, n. 268, p.87-94, 2017.

SPURIO, R. S. et al. **Improving transport container design to reduce broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat in Brazil**. Animal Science Journal, v. 87, n. 2, p. 277–283, 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Poultry and Products Annual**. USA, 2020.

VOGADO, Gleissa Mayone Silva et al. **Evolução da avicultura brasileira**. Nucleus Animalium, [s.l.], v. 8, n. 1, p.49-58, 30 maio 2016. Fundação Educacional de Ituverava. <http://dx.doi.org/10.3738/21751463.1682>.

VOILA, Márcia; TRICHES, Divanildo. **A cadeia de carne de frango: uma análise dos mercados brasileiro e mundial de 2002 a 2012**. Revista Teoria e Evidência Econômica, [s.l.], v. 21, n. 44, p.126-148, 11 set. 2015. UPF Editora. <http://dx.doi.org/10.5335/rtee.v21i44.5357>.

WILHELM, Allan E. et al. **Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat**. Food Chemistry, [s.l.], v. 119, n. 3, p.1201-1204, 1abr. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.034>.

WOTTON, Steve S.b. et al. **The effect of the required current/frequency combinations(EC 1099/2009) on the incidence of cardiac arrest in broilers stunned and slaughtered for the halal market**. Peer J Preprints, [s.l.], 24 fev. 2014. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7287/peerj.preprints.255v1>.

XU, L. et al. **Effect of electrical stunning current and frequency on meat quality, plasma parameters, and glycolytic potential in broilers**. Poultry Science, [s.l.], v. 90, n. 8, p.1823-1830, 13 jul. 2011. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2010-01249>.

ZIMERMAN, M. et al. **Physiological stress responses and meat quality traits of kids subjected to different pre-slaughter stressors**. Small Ruminant Research, [s.l.], v. 100, n. 2-3, p.137-142, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.06.011>.