



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

BRUNA REGINA PEREIRA DA ROCHA

**EFEITO DOS PARÂMETROS DE INSENSIBILIZAÇÃO DE AVES SEGUNDO
O REGULAMENTO EUROPEU 1099/2009 NA QUALIDADE DA CARNE**

FRANCISCO BELTRÃO
2021

BRUNA REGINA PEREIRA DA ROCHA

**EFEITO DOS PARÂMETROS DE INSENSIBILIZAÇÃO DE AVES SEGUNDO
O REGULAMENTO EUROPEU 1099/2009 NA QUALIDADE DA CARNE**

**EFFECT OF POULTRY INSENSITIZATION PARAMETERS ACCORDING TO
EUROPEAN REGULATION 1099/2009 ON MEAT QUALITY**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Produtos de Origem Animal

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alessandra Machado-Lunkes

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Cleusa Ines Weber

FRANCISCO BELTRÃO
2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina



BRUNA REGINA PEREIRA DA ROCHA

**EFEITO DOS PARÂMETROS DE INSENSIBILIZAÇÃO DE AVES SEGUNDO O REGULAMENTO EUROPEU CE
1099/2009 NA QUALIDADE DA CARNE**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 25 de Setembro de 2021

Prof.a Alessandra Machado Lunkes, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Gislaine Silveira Simoes, Doutorado - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (Ifpr)

Prof.a Mayka Reghiany Pedrao, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 18/10/2021.

Dedico este trabalho a todos que, de alguma forma, contribuíram para que pudesse ser realizado e finalizado. Dedico, também, a mim mesma, pela persistência em meio ao caos que a vida se tornou nos últimos anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Alessandra Machado-Lunkes, pela sabedoria, paciência, empatia e dedicação que teve. Seguramente minha admiração transcende o meio acadêmico. Minha eterna gratidão!

Ao Prof. Dr. Vanderlei Aparecido de Lima, pela ajuda prestada e pelo profissionalismo com que conduziu todas as dúvidas a ele direcionadas.

A minha coorientadora Prof^ª. Dr^ª. Cleusa Ines Weber, por todas as contribuições feitas para que o projeto tomasse forma e pudesse ser executado.

A empresa em que o trabalho foi conduzido e, principalmente, ao meu gestor, por ter viabilizado condições para que o estudo pudesse ser realizado e finalizado e, pela compreensão pelos momentos de ausência nas minhas atividades.

Agradeço à empresa Fluxo Equipamentos Eletrônicos, por ter aberto as portas do seu empreendimento para visitas e pelo amparo técnico fornecido em todos os momentos que foram acionados por meio de seus colaboradores.

A Secretaria do Curso, pela cooperação em todas as demandas que foram surgindo ao longo do projeto.

E, por fim, gostaria de registrar meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram, incentivaram, confiaram e forneceram bons estímulos para que este trabalho pudesse ser realizado, em especial a minha amiga Amanda Adria, a qual esteve junto do início ao fim, contribuindo e enriquecendo todas as etapas desse trabalho.

Quando as lutas que a vida lhe oferecer forem duras, suavize-as. Não aumente sua dureza tornando-se pessimista ou deixando que sua fortaleza decaia. Faça da luta, em todo momento, um ensinamento, torne doce seu sabor quando essa luta lhe for amarga. Verá como a observância deste conselho o levará ao triunfo.

(CARLOS BERNARDO GONZÁLEZ
PECOTCHE, 1965, p. 37).

ROCHA, Bruna Regina Pereira da. **Efeito dos parâmetros de insensibilização de aves segundo o regulamento europeu CE 1099/2009 na qualidade da carne.** 2021. 46 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

RESUMO

O consumo de carne de aves é elevado a nível mundial e antes do abate, as aves são insensibilizadas com o intuito de promover a inconsciência e ausência de dor no animal. A exportação brasileira para o mercado europeu usa a eletronarcose como método de insensibilização. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos parâmetros de insensibilização com base no Regulamento CE 1099/2009 usando as variáveis frequência e *duty cycle* (ciclo de trabalho). Foram conduzidos 9 ensaios cujas variáveis respostas basearam-se nos indicadores de insensibilização dos animais e qualidade da carne. As frequências avaliadas (700 Hz, 1100 Hz e 1500 Hz) apresentaram maior incidência de piscar de olhos voluntários, pescoço arqueado e fratura em asa, indicando que as aves não foram adequadamente insensibilizadas. Por outro lado para estes indicadores de Bem Estar Animal (BEA), o *duty cycle* na intensidade de 25% e 40% promoveu a insensibilização das aves. A interação da frequência de 1100 Hz com o *duty cycle* de 15% resultou em maior incidência de pescoço arqueado e da frequência de 1500 Hz com o *duty cycle* de 40% aumentou a incidência de fratura em asas. Não houve diferença significativa para os valores de pH 24h, hematomas entre peito e asa e a perda por gotejamento em todos os ensaios. Para cor (a^* e b^*) pode-se observar uma influência significativa nas frequências mais altas, que apresentaram uma coloração pálida. Para pH 2h os ensaios avaliados demonstraram influência significativa, porém, todas as médias observadas foram superiores ao pH considerado normal para carne de frango (entre 5,7 e 5,9). Para força de cisalhamento, foi observado que as frequências mais altas e a interação da frequência de 1500 Hz com o *duty cycle* de 15% e 25% apresentaram os maiores valores para esse indicador, demonstrando maior dificuldade para romper as fibras musculares. Para capacidade de retenção de água, a frequência de 1100 Hz de forma isolada e, associada ao *duty cycle* de 25%, apresentaram os maiores valores desse indicador, demonstrando uma exudação maior nessas condições e, com isso, uma menor capacidade de retenção de água. Logo, todos os ensaios resultaram em algum nível de comprometimento dos indicadores, exceto a variável *duty cycle* 40%, que demonstrou influência positiva nos indicadores avaliados. A interferência do *duty cycle* deve ser considerada, a fim de desenvolver combinações em outros níveis de configuração que favoreçam condições positivas para aplicabilidade na indústria.

Palavras-chave: Abate de aves, Bem Estar Animal, Eletronicose, Qualidade da carne.

ROCHA, Bruna Regina Pereira da. **Effect of poultry stunning parameters according to European Regulation EC 1099/2009 on meat quality**. 2021. 46 p. Dissertation (Professional Master's Degree in Food Technology – Federal University of Technology – Parana, Francisco Beltrão, 2021).

ABSTRACT

The consumption of poultry meat is significantly high worldwide and before slaughter, poultry are stunned in order to promote unconsciousness and absence of pain in the animal. Brazilian exports to the European market use electronarcosis as a stunning method. The aim of this work was to evaluate the effect of stunning parameters based on EC Regulation 1099/2009 using the variables frequency and duty cycle (duty cycle). Nine trials were conducted, whose variable responses were based on the indicators of stunning animals and meat quality. The frequencies evaluated (700 Hz, 1100 Hz and 1500 Hz) showed a higher incidence of voluntary blinking, arched neck and wing fracture, indicating that the poultry were not adequately stunned. On the other hand, for these indicators of Animal Welfare (BEA), the duty cycle at the intensity of 25% and 40% promoted the stunning of poultry. The interaction of the 1100 Hz frequency with the 15% duty cycle resulted in a higher incidence of arched neck and the 1500 Hz frequency with the 40% duty cycle increased the incidence of wing fractures. There was no significant difference for 24h pH values, bruises between breast and wing and drip loss for all evaluated treatments. For color (a* and b*) a significant influence can be observed in the higher frequencies, which showed a pale color. For pH 2h, the assays evaluated showed a significant influence, however, all means observed were higher than the pH considered normal for poultry meat (between 5.7 and 5.9). For shear strength, it was observed that the highest frequencies and the interaction of the 1500 Hz frequency with the 15% and 25% duty cycle had the highest values for this indicator, demonstrating greater difficulty in breaking muscle fibers. For water holding capacity, the frequency of 1100 Hz in isolation and, associated with the 25% duty cycle, presented the highest values for this indicator, demonstrating a greater exudation in these conditions and, therefore, a lower water holding capacity. Therefore, all tests resulted in some level of impairment of the indicators, except for the variable duty cycle 40%, which showed a positive influence on the indicators evaluated. Duty cycle interference must be considered in order to develop combinations at other configuration levels that favor positive conditions for applicability in the industry.

Key-words: Poultry slaughter, Animal welfare, Electronarcosis, Meat quality.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Representação sobre uma onda quadrada (corrente contínua) com o uso do *duty cycle*07
- Figura 2** – Exemplo observado de formação de hematoma e sanguinolência em todos os ensaios avaliados.....27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Requisitos elétricos para o equipamento de insensibilização em tanque de imersão de acordo com o Regulamento (CE) 1099/2009.....	06
Tabela 2 – Alguns estudos realizados sobre os parâmetros elétricos utilizados no processo de insensibilização de aves por eletronarcorese e as análises realizadas sobre a qualidade da carne.....	09
Tabela 3 – Planejamento experimental dos fatores Frequência (Hz) e <i>duty cycle</i> (%) avaliados em 3 níveis	14
Tabela 4 – Teste de efeito de modelo para insensibilização avaliando os fatores frequência (Hz) e <i>duty cycle</i> (%) e a incidência de pescoço arqueado, piscar de olhos voluntários e fraturas de asas de frango de corte	25
Tabela 5 – Estimativa dos parâmetros do modelo para insensibilização avaliando os fatores frequência (Hz) e <i>duty cycle</i> (%) e a incidência de pescoço arqueado, piscar de olhos voluntários e fraturas de asas de frango de corte	26
Tabela 6 – Teste de efeito de modelo para insensibilização avaliando os fatores frequência (Hz) e <i>duty cycle</i> (%) para cor, pH, textura e capacidade de retenção de água em filé de peito de frango de corte	30
Tabela 7 – Estimativa dos parâmetros do modelo para insensibilização avaliando os fatores frequência (Hz) e <i>duty cycle</i> (%) para cor, pH, textura e capacidade de retenção de água em filé de peito de frango de corte	31
Tabela 8 – Média, desvio padrão e coeficiente variação dos resultados obtidos em todos os ensaios analisados	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CARNE DE AVES	4
2.2 ABATE DE AVES E BEM ESTAR ANIMAL	5
2.3 INSENSIBILIZAÇÃO E QUALIDADE DA CARNE	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 ANIMAIS E PROCEDIMENTO DE INSENSIBILIZAÇÃO	14
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	14
3.3 EFICIÊNCIA DA INSENSIBILIZAÇÃO	15
3.4 QUALIDADE DA CARNE	15
3.4.1 pH	16
3.4.2 Cor	16
3.4.3 Capacidade de retenção de água (CRA)	16
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 EFICIÊNCIA DA INSENSIBILIZAÇÃO	18
4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
6 REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A elevada procura por proteínas de alto valor biológico, ou seja, de fácil absorção por meio da alimentação, é impulsionada pela produção e consumo de carne de aves (KRANJAC *et al.*, 2018). Em nível mundial, o Brasil ocupa a posição de maior exportador de carne de frango, seguido pelos Estados Unidos e, dentro da comunidade europeia, os Países Baixos são os principais (FAO, 2021). Em relação aos países importadores de carne de frango, Japão ocupa o primeiro lugar acompanhado da China, México e União Europeia (ABPA, 2020).

Em 2020, o Brasil registrou a exportação de 4,231 milhões de toneladas de carne de frango, resultando em um saldo de US\$ 6.097 milhões. Neste mesmo ano, 31% de toda a produção de carne de frango foi destinada para exportação e 69% para o consumo no mercado interno (ABPA, 2020).

Os abatedouros investem constantemente nas condições estruturais, no manejo e transporte das aves, assim como em outras fases da cadeia produtiva com vistas ao atendimento às normas de Bem Estar Animal (BEA) (ALBRECHT *et al.*, 2019). Na exportação de frango para a União Europeia, as empresas exportadoras devem atender vários requisitos do BEA específicos para a Comunidade Europeia, sendo um deles os padrões dos parâmetros de insensibilização (COMISSÃO EUROPEIA, 2009).

A eletronarcolese é o método de insensibilização mais utilizado no abate de aves devido ao baixo custo de instalação, manutenção e a efetividade de execução (NOVOA *et al.*, 2019). No geral, o método aplica uma tensão (frequência) e corrente (amperagem), onde estudos indicam que alta tensão aliada a uma corrente intensa ocasiona menor incidência de lesões nas carcaças (GIRASOLE *et al.*, 2015).

A etapa de insensibilização, inclusive quando aplicado o método por eletronarcolese, tem impacto direto na qualidade do produto final, pois, por propiciar a inconsciência da ave, há uma menor resistência da mesma na etapa de sangria, gerando assim menos hematomas, sanguinolências e fraturas (HUANG *et al.*, 2017; NOVOA *et al.*, 2019).

Os trabalhos realizados, em sua grande maioria, trazem a avaliação da frequência (Hz) e da tensão (V) e, em alguns casos, a amperagem. No que se

refere à qualidade da carne, pode-se observar que as frequências mais elevadas foram as que apresentaram melhores resultados (GIRASOLE *et al.*, 2015; HUANG *et al.*, 2017; MERCOGLIANO *et al.*, 2016). As baixas frequências podem favorecer condições que resultem em parada cardíaca na ave, o que gera hematomas e sanguinolências na musculatura (LUDTKE *et al.*, 2010).

Outro parâmetro aplicado na insensibilização das aves, mas que pouco tem sido avaliado é o *duty cycle* (ciclo de trabalho) que consiste na relação entre o tempo que a onda apresenta maior amplitude e o tempo que apresenta menor amplitude. Apesar de alguns estudos aplicarem esse parâmetro, não há uma correlação direta entre os resultados e a influência deste nas avaliações (SATO, 2016; SIQUEIRA *et al.*, 2017, WOTTON, 2020).

Com base na importância econômica para as indústrias frigoríficas brasileiras, é importante o estudo e a padronização dos parâmetros de insensibilização das aves (voltagem e amperagem), para que reflitam diretamente em melhores condições de qualidade da carne de frango (EFSA, 2019). Sendo assim, há a necessidade de estudos que abordem avaliações sobre os parâmetros de insensibilização das aves por eletronarcose, baseado no padrão europeu para exportação da carne, visto que os valores determinados pelo Regulamento Europeu CE 1099/2009 são diferentes dos utilizados habitualmente no Brasil.

Desta maneira, este estudo poderá contribuir com o conhecimento no sobre a insensibilização de aves segundo o regulamento europeu CE 1099/2009 usando equipamentos que usam o parâmetro elétrico *duty cycle* na qualidade da carne e no bem estar animal. Ainda, fornecer dados com o intuito de padronizar esta etapa na indústria frigorífica local de estudo, assim como outras plantas frigoríficas com condições semelhantes de operação.

1.1 JUSTIFICATIVA

A União Europeia é um dos principais importadores da carne de frango brasileira. Da indústria frigorífica em que o estudo foi executado, este mercado representa uma parcela significativa do faturamento e do volume de exportações. Desta forma, é necessário embasar um estudo sobre a eficiência

da insensibilização por eletronarcose nas aves, utilizando os parâmetros elétricos estabelecidos pelo Regulamento Europeu CE 1099/2009 e a influência sobre a qualidade da carne, a fim de padronizar o processo e proporcionar melhores condições de abate e das características do produto final.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito dos parâmetros de insensibilização adotados no abate de frango de corte, segundo o Regulamento Europeu CE 100/2009 em relação à qualidade da carne e nos indicadores de Bem Estar Animal.

1.2.2 Objetivos específicos

- Empregar diferentes combinações entre a frequência e *duty cycle* (ciclo de trabalho) na insensibilização de frangos de corte;
- Analisar a eficiência dos parâmetros avaliados de acordo com o Regulamento Europeu CE 1099/2009 em relação à inconsciência das aves;
- Avaliar o efeito dos parâmetros de insensibilização na incidência de hematomas, sanguinolências e fraturas em asas em relação aos parâmetros de insensibilização aplicados;
- Avaliar o efeito dos parâmetros de insensibilização sobre os valores de pH, cor, perda por gotejamento e capacidade de retenção de água do peito de frango.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CARNE DE AVES

A crescente demanda por proteínas de alto valor biológico tem impulsionado a produção e consumo de carne de aves. Este comportamento está vinculado ao aumento da renda média e ao aumento da população mundial (KRANJAC *et al.*, 2018). Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), entre 1980 e 2017 o volume de exportação de carne de frango aumentou mais de 12 vezes (FAO, 2021).

A indústria avícola no Brasil emprega cerca de 3,6 milhões de pessoas e representa mais de 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Sendo a nação que mais exporta carne de frango (USDA, 2016). A avicultura é regida por uma alta competitividade, a qual se embasa pelo aprimoramento dos processos, investimentos no manejo e na genética das aves, na sanidade dos lotes e no fortalecimento do sistema de integração (SILVA, VIEIRA, 2010).

Em 2020, o consumo *per capita* de carne de frango no Brasil atingiu o patamar de 47 kg por habitante, sendo o maior resultado desde 2012. Já a produção de carne de frango neste mesmo ano, atingiu a marca de 13,845 milhões de toneladas, o maior número registrado desde 2010 (ABPA, 2020).

As exportações atingiram a marca de 4,231 milhões de toneladas, o que resultou em US\$ 6.097 milhões. O Brasil destinou, em 2020, 31% da sua produção para exportação, absorvendo 69% no consumo interno (ABPA, 2020).

Segundo as projeções realizadas pela Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) para 2021, o volume de produção de carne de frango poderá atingir a marca de 14,5 milhões de toneladas. Essa estimativa supera as expectativas inicialmente previstas para 2021, já para as exportações, é esperado cerca de 4,35 milhões de toneladas (3,6% a mais que o projetado para 2020). O Brasil ocupa a posição de maior exportador de carne de frango, seguido pelos Estados Unidos e Holanda – sendo a Holanda o maior exportador dentro da Comunidade Europeia (FAO, 2021). Em relação aos

maiores importadores de carne de frango, o Japão ocupa a primeira posição, seguido da China, México e União Europeia (ABPA, 2020).

O Paraná é o estado brasileiro responsável por 38% de toda carne de frango produzida e exportada pelo país. Conta com uma estrutura de cerca de 20 mil granjas, 43 incubatórios e 45 indústrias de abate, resultando em 69 mil empregos diretos em todo o estado (AVISITE, 2021).

2.2 ABATE DE AVES E BEM ESTAR ANIMAL

Os alimentos de origem animal têm sofrido constantes críticas por parte da população. A ausência de ações que minimizem a dor e o sofrimento dos animais no momento do abate é um dos motivos que geram essa insatisfação. É uma etapa de tamanha relevância, que vem sendo considerado preponderante para a decisão de compra destes produtos (ALBRECHT *et al.*, 2019). Com isso, estes consumidores bem como o mercado importador de carne consideram importantes as questões de Bem Estar Animal (BEA) (PARTECA *et al.*, 2017).

No que tange as questões de Bem Estar Animal, muitas diretrizes ao longo dos anos foram se instaurando. Em 1978, foi proclamada na França a Declaração Universal do Direito dos Animais, a qual dispõe sobre a necessidade de impedir que o animal sinta dor, caso ele seja abatido (NAKYINSIGE *et al.*, 2013).

Os aspectos relacionados à BEA foram aos poucos ganhando espaço de tal forma, que alguns países passaram a regulamentar estes requisitos. Assim, o mercado exportador precisa se adequar a estes requisitos para poder operar e comercializar no mercado interno, bem como para exportar os seus produtos (BRASIL, 2000; EUROPEAN UNION COUNCIL, 2009). As normas da BEA são definidas como diretrizes técnicas que garantem os procedimentos humanitários desde a etapa de carregamento até a operação de sangria (BRASIL, 2000).

Dentro das normas da BEA, o processo de insensibilização no momento do abate do animal é um dos pontos a ser monitorado e de grande relevância. Nesta etapa o animal é induzido ao estado de inconsciência, que impede a dor e sofrimento no momento do abate (SATO, 2016). Além disso, a

insensibilização precisa ser rápida, sem estresse e deve garantir a inconsciência do animal até o momento da morte (SCHILLING *et al.*, 2012).

Os métodos autorizados para a insensibilização de animais para o abate são: golpe na cabeça, êmbolo retrátil, eletronarcose e pelo uso de atmosfera controlada (EUROPEAN UNION COUNCIL, 2009). Especificamente, para o abate de aves, os métodos mais utilizados são a atmosfera controlada e a eletronarcose (BERG; RAJ, 2015).

A insensibilização por uso de atmosfera controlada ocorre por meio da falta de oxigênio (hipóxia), altos níveis de dióxido de carbono ou a combinação deste com outros gases. O método pode utilizar o oxigênio com gases inertes (argônio e nitrogênio) ou pela remoção dos gases, ou seja, a despressurização atmosférica (SCHILLING; VIZZIER-THAXTON; ALVARADO, 2014). É um método mais sofisticado, demandando alto investimento e, por isso, menos utilizado. Nesta técnica, as aves são insensibilizadas ainda nas gaiolas de transporte, gerando menos sofrimento e por consequência, menos fraturas e hematomas oriundos da descarga e pendura das aves em consciência (PETRACCI; BIANCHI, CAVANI, 2010).

A insensibilização a gás tem como crítica o desconforto respiratório que os animais sentem, visto que a inconsciência não ocorre instantaneamente. Ainda assim, há autores que defendem que o estresse inicialmente gerado nessa técnica é leve se comparado à manipulação das aves no sistema elétrico (COENEN *et al.*, 2009; NICOLAU *et al.*, 2015).

A insensibilização por eletronarcose é o método mais utilizado no abate de aves devido ao baixo custo de instalação e manutenção (YANG *et al.*, 2017). É necessário que os parâmetros de frequência (Hz), voltagem (V) e amperagem (mA) estejam definidos corretamente, pois elas afetam diretamente a qualidade do produto final (BOSSOLANI, 2015).

Para os estabelecimentos habilitados a exportar para a comunidade europeia, os parâmetros de frequência (Hz) e corrente (mA) que devem ser atendidos são determinados pelo Regulamento (CE) 1099/2009 (TABELA 1).

TABELA 1 - Requisitos elétricos para o equipamento de insensibilização em tanque de imersão de acordo com o Regulamento (CE) 1099/2009

Frequência (Hz)	Frangos	Perus	Patos e gansos	Codornizes
< 200 Hz	100 mA	250 mA	130 mA	45 mA
De 200 a 400 Hz	150 mA	400 mA	NA	NA
De 400 a 1500 Hz	200 mA	400 mA	NA	NA

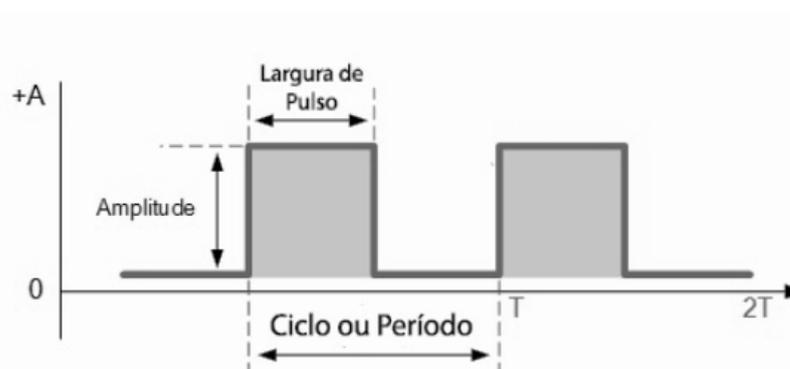
FONTE: [Adaptado do Regulamento (CE) 1099/2009]

LEGENDA: NA - Não autorizado

A legislação brasileira apenas dispõe que estas variáveis sejam suficientes para garantir a insensibilidade dos animais (BRASIL, 2000). Porém, uma corrente mínima de 120 mA por ave é requerida para induzir o animal a um imediato estado de inconsciência (LUDTKE *et al.*, 2010).

Em complemento aos parâmetros supracitados, mas não menos importante, o ciclo de trabalho (*duty cycle*) também é aplicado nos insensibilizadores mais modernos. O *duty cycle* é a determinação do tempo em que a onda permanece em sua maior amplitude e o tempo em que se apresenta na sua menor amplitude, conforme representando na figura 1 (SATO, 2016). O *duty cycle*, na Figura 1, assume resultado de 50%, ou seja, que metade do tempo a onda estava em sua maior amplitude e metade do tempo em sua menor.

FIGURA 1 - Representação sobre uma onda quadrada (corrente contínua) com o uso do *duty cycle*



Fonte: Sato (2016)

O *duty cycle* (ciclo de trabalho, na tradução livre) é um parâmetro elétrico também conhecido na área como PWM (*Pulse Width Modulation* – Modulação de Largura de Pulso). É uma técnica empregada em substituição ao

ON/OFF, onde o sistema pode ser regulado conforme a necessidade do equipamento sem precisar, necessariamente, usar 100% da carga elétrica (ON) ou desligar o dispositivo (OFF). Desta forma, é possível ter controle da potência e/ou velocidade através da largura de pulso de uma onda quadrada (FLUXO, 2021).

Apesar de definidos os parâmetros para o abate por eletronarcose em Regulamentos, cada ave receberá a carga elétrica de forma diferente devido ao seu peso, teor de gordura corporal e profundidade de imersão na cuba (DEVOS, MOONS, HOUF, 2018). A inconsciência das aves ocorre por meio da passagem de uma corrente através do cérebro do animal. A corrente é gerada pelo eletrodo presente na cuba de imersão passando pela ave e pelo gancho formando, então, um circuito fechado e contínuo (LUDTKE *et al.*, 2010).

Além de ser um método de baixo custo de instalação e manutenção, a eletronarcose propicia menor debatimento das aves e, por consequência, menos hematomas e fraturas (XU *et al.*, 2011). Porém, há estudos que relatam o uso de correntes elevadas podem ocasionar lesões e alterações nas características de qualidade da carne (SILVA-BUZANELLO *et al.*, 2018). Já o uso de baixas frequências favorece a ocorrência de parada cardíaca na ave, levando a morte (WOTTON *et al.*, 2014).

2.3 INSENSIBILIZAÇÃO E QUALIDADE DA CARNE

O processo de insensibilização por eletronarcose tem como objetivo central a indução das aves à inconsciência e, se executada corretamente, além de atender esta finalidade, favorecerá nas características da qualidade da carne (MEJRI, 2013). Isso ocorre porque, quando bem definidos os parâmetros, há um aumento na pressão sanguínea e dos batimentos cardíacos, o que favorece a expulsão do sangue na etapa da sangria (CUADRADO, 2012) diminuindo a incidência de sanguinolências na musculatura das aves e aumentando a vida útil do produto final.

As condições de ambiência nas etapas de pré-abate podem influenciar de maneira direta na qualidade da carne, visto que esse é um indicador da execução das práticas de Bem Estar Animal. Isso pode ocasionar desde perdas econômicas para a indústria até mesmo o impedimento para a

habilitação de novos mercados/países. (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN *et al.*, 2012).

Na Tabela 2 constam alguns trabalhos executados na etapa de insensibilização por eletronarcose em aves, os quais realizaram alterações nos parâmetros de operação do insensibilizador a fim de avaliar a incidência de hematomas, fraturas, sanguinolências, entre outros indicadores.

TABELA 2- Alguns estudos realizados sobre os parâmetros elétricos utilizados no processo de insensibilização de aves por eletronarcode e as análises realizadas sobre a qualidade da carne.

(continua)

Formato da onda	Parâmetros			Amostragem usada	Referência
	Frequência (Hz)	Amperagem (A)	Voltagem (V)		
Corrente contínua	750	Oscilou entre 13 e 15 mA	–	160 frangos	HUANG <i>et al.</i> , 2014
–	200 600 750	–	40, 80 e 160 160 220	100 frangos	GIRASOLE <i>et al.</i> , 2015
Corrente alternada	220	–	30	150 frangos	GEZGIN; KARAKAYA, 2016
Corrente alternada	200 600 1000	200	53 67	96 frangos	MERCOGLIANO <i>et al.</i> , 2016
Corrente contínua	500 600 700 800 900	12 a 14	15	400 frangos	YANG <i>et al.</i> , 2017
Corrente contínua	500, 600, 700, 800 e 900	Oscilou entre 12 e 14 mA	15	400 frangos	HUANG <i>et al.</i> , 2017

TABELA 2 - Alguns estudos realizados sobre os parâmetros elétricos utilizados no processo de insensibilização de aves por eletronarcore e as análises realizadas sobre a qualidade da carne.

(conclusão)					
Parâmetros analisados				Amostragem utilizada	Referência
Formato da onda	Frequência (Hz)	Amperagem (A)	Voltagem (V)		
Corrente alternada	60 1000	130 86	150 65	18 frangos	XU <i>et al.</i> , 2019
Corrente alternada	395	150 200	51 - 60 e 61 - 80 e 81 -100 51 - 60, 61 - 80 e 81 - 100	390 frangos	NOVOA, <i>et al.</i> , 2019
—	50, 100, 150, 199 200, 633, 1066, 1500 1000	250 400	150 190	1800 Perus	PARTECA <i>et al.</i> , 2020

FONTE: O autor (2021)

A corrente (A), a frequência (Hz), a voltagem (V) e o tipo de corrente (corrente alternada ou contínua) são os parâmetros que geralmente são alterados para avaliar a eficiência da insensibilização e as consequências na qualidade da carne (GIRASOLE *et al.*, 2015).

A insensibilização por eletronarcose promove a contenção das aves, diminuindo a ocorrência de danos na carcaça. Há avaliações afirmando que, frequências elevadas e correntes reduzidas resultam em um menor índice de hemorragias no peito das aves, trazendo melhorias na cor e maior maciez (XU *et al.*, 2011).

Pode-se evidenciar que, de acordo com a Tabela 2 muitos trabalhos avaliam a eficiência dos parâmetros de insensibilização utilizando-se de valores altos para a frequência (Hz) e valores mínimos para a corrente (A). Para a voltagem, é possível visualizar, também, que muitos se utilizam de valores relativamente baixos.

Considerando que, para aves, o Regulamento Europeu (CE) 1099/2009 preconiza o uso de correntes fixas para diferentes faixas de frequência, é possível notar que muitos trabalhos não focam suas avaliações com base nessa normativa.

Outro ponto de grande relevância é que, poucos trabalhos mencionam o uso do ciclo de trabalho (*duty cycle*) (SATO, 2016; SIQUEIRA *et al.*, 2017, WOTTON, 2020) e, nenhum deles apresentou o efeito deste parâmetro na qualidade de carne. Possivelmente, isto se deve ao fato deste parâmetro estar disponível em equipamentos mais modernos, visto que os regulamentos vigentes que determinam valores para os parâmetros que devem ser utilizados no abate de aves, não apresentam informações sobre o *duty cycle*.

O setor avícola é uma das cadeias produtivas que mais desenvolvem tecnologias de melhoramento em equipamentos, estruturas e, inclusive, na genética dos animais. O que se explica pelo fato o Brasil ter ocupado o posto de 3º maior produtor de carne de frango em 2019 e, com isso, a necessidade de investimentos se torna cada vez maior (ABPA, 2020).

O Potencial Hidrogeniônico (pH), a Perda por Gotejamento, a Capacidade de Retenção de Água (CRA), a Cor e a Força de Cisalhamento são propriedades tecnológicas da carne que estão intrinsecamente ligados ao processo de insensibilização. De maneira mais abrangente, todas as etapas *ante-mortem* podem influenciar tais parâmetros (HUANG, *et al.*, 2014; HUANG, *et al.*, 2017; YANG *et*

al.,2017). Isso porque o estresse gerado nestas etapas pode ocasionar um maior declínio do pH, devido a maior produção de ácido lático na musculatura das aves pelo rápido consumo das reservas de energia.

As alterações nas características visíveis da qualidade da carne como hemorragias, fraturas, hematomas e salpicamento de sangue são consequências diretamente relacionadas com o processo de insensibilização. Isto se deve pelo fato de que, se os parâmetros estiverem mal definidos ou despadronizados com a realidade da planta frigorífica, podem resultar em estresse excessivo para as aves, fazendo com que estas se debatam mais antes de serem mortas favorecendo a incidência de fraturas, sanguinolências e hematomas. Os estudos que envolvem a alteração dos parâmetros de insensibilização das aves geralmente apresentam estas análises como base de verificação da eficiência desta etapa (GIRASOLE *et al.*, 2015; YANG *et al.*, 2017; NOVOA *et al.*, 2019).

Os trabalhos na sua maioria usam corrente contínua, possivelmente por este parâmetro promover um maior tempo de permanência no estado de inconsciência, o que promove uma menor incidência de convulsões se comparada a corrente alternada (PARTECA, 2020).

Um parâmetro de qualidade influenciado pelo processo de insensibilização é a oxidação lipídica, que pode ocorrer através da presença de radicais livres, as quais podem estar associadas ao uso de insensibilização por eletronarcose (XU *et al.*, 2019). Foi evidenciado que, na aplicação de correntes baixas e frequências elevadas ocorre o mesmo potencial em influenciar na qualidade da carne do ponto de vista da oxidação lipídica se comparado ao uso de correntes altas e frequências baixas (XU *et al.*, 2019).

O uso de altas frequências, em alguns estudos, apresentou um aumento na produção de lactato na musculatura das aves e, uma diminuição gradual no pH, bem como na redução da atividade oxidativa e defeitos na carcaça (MERCUGLIANO, 2016), sendo consideradas características desejáveis para a carne.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ANIMAIS E PROCEDIMENTO DE INSENSIBILIZAÇÃO

Um lote de 52 mil aves (sexagem mista) da linhagem Cobb foi usado conforme planejamento experimental (Tabela 3), dividido em 9 ensaios. As aves possuíam 48 dias de idade, peso médio de 2,836 kg. Para cada ensaio foram avaliadas 100 aves (SANTOS, 2016). Os frangos foram abatidos em indústria frigorífica com capacidade para 148 mil aves/dia. As amostras foram coletadas diretamente na linha de abate, nos setores de sangria, depenagem, evisceração (para os indicadores de BEA) e cortes (para os indicadores da qualidade da carne). Para aplicação dos ensaios foi utilizado o insensibilizador UFX 7 (Fluxo, Brasil) com eletrodos dispostos na cuba de insensibilização. As aves foram submetidas à insensibilização suspensas pelos pés, sendo imersas no tanque de insensibilização da cabeça até a base das asas. Os parâmetros avaliados na insensibilização foram definidos a partir os limites preconizados no Regulamento Europeu CE 1099/2009.

Após o abate, um total de 20 carcaças foram identificadas para cada ensaio com lacres antes de serem encaminhadas para o setor de resfriamento (cerca de 01h30min.). Posteriormente as amostras de peito foram obtidas a partir da desossa manual. As amostras foram acomodadas em sacos de coletas e, em caixas de isopor, para manter a temperatura em até 7 °C, a fim de fornecer condições adequadas para a execução das análises.

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sob protocolo nº 2020-07.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O Regulamento Europeu CE 1099/2009 preconiza o valor mínimo de corrente (200 mA) em que as aves devem ser submetidas quando utilizado determinado parâmetro de frequência, desta forma foi mantido fixo esse valor em todos os ensaios. Considerando os dados da literatura sobre o assunto (YANG *et al.*, 2017; HUANG *et al.*, 2017; XU *et al.*, 2019; NOVOA *et al.*, 2019), foi elaborado um

planejamento fatorial com 2 fatores e 3 níveis, totalizando 9 ensaios. As variáveis dependentes estudadas foram: Frequência (x_1) e *Duty cycle* (x_2) (Tabela 3).

TABELA 3: Planejamento experimental dos fatores Frequência (Hz) e *duty cycle* (%) avaliados em 3 níveis.

Ensaio	Codificados		Reais		
	X_1	X_2	Frequência (Hz)	<i>Duty cycle</i> (%)	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: O autor (2021)

LEGENDA: X_1 : níveis da variável frequência / X_2 : níveis da variável *duty cycle*

3.3 EFICIÊNCIA DA INSENSIBILIZAÇÃO

A eficiência da insensibilização elétrica foi avaliada usando os indicadores de consciência: o bater de asas coordenadas; emissão de vocalização; piscar de olhos voluntários; a ocorrência de pescoço arqueado (em formato de “S”) e a respiração rítmica (Borzuta *et al.*, 2019). Assim, a presença (1) ou ausência (0) destes indicadores de BEA foram usados para estabelecer a incidência em cada ensaio.

3.4 QUALIDADE DA CARNE

Para identificar o efeito da frequência e do *duty cycle* na insensibilização sobre a qualidade da carcaça foi realizada a quantificação de hematomas com coloração vermelha no peito e na articulação entre as asas e o peito, e de fraturas de asas. A coloração vermelha foi considerada porque nessa tonalidade, segundo Gregory (1992), o tempo decorrido da contusão é de, aproximadamente, 2 minutos.

Demais colorações foram desconsideradas por terem um tempo mínimo de formação de 12 horas (Gregory, 1992), o que garante que o processo de insensibilização não causou esse tipo de hematoma. Os resultados destas análises foram qualificadas como presente (1) ou ausente (0), a fim de estabelecer a incidência dessas anomalias em cada ensaio.

3.4.1 pH

O pH foi aferido em pHmetro digital portátil (Testo, Alemanha) inserindo o eletrodo na superfície posterior do músculo *pectoralis major* em 3 pontos distintos da mesma amostra (2h *post-mortem* e 24 horas *post-mortem*).

3.4.2 Cor

A cor foi determinada por meio das coordenadas L* (luminosidade), a* (verde/vermelho) e b* (azul/amarelo) utilizando colorímetro previamente calibrado, conforme instruções do fabricante (modelo CR400/410, Konica Minolta, Japão). Todas as avaliações foram padronizadas nos mesmos pontos internos do músculo *pectoralis major*, sendo realizados 3 pontos por amostra (triplicata).

3.4.3 Capacidade de retenção de água (CRA)

Para a capacidade de retenção de água (CRA), as amostras de peito (*pectoralis major*) foram cortadas em cubos de aproximadamente 0,5 g e foram dispostas entre dois papéis de filtro (modelo Whatman™, Ge Healthcare, EUA) e, posteriormente alocadas entre duas placas de acrílico. Sobre as placas de acrílico foi colocado um peso padrão de 10 kg e a pressão mantida por 5 minutos. Após, a amostra foi pesada para avaliar a quantidade de água perdida em relação ao peso inicial da amostra (BARBUT, 1996).

3.4.4 Força de Cisalhamento

A força de cisalhamento foi determinada em texturômetro TAXT Plus (Stable Microsystems Ltd.), utilizando a lâmina Warner-Bratzler em uma velocidade de 5,0 mm/s. As amostras do músculo *pectoralis major*, na forma de cubos com 1,0 x 1,0 x 2,0 cm³ (altura, largura, comprimento), foram dispostos no equipamento com as fibras no sentido perpendicular à lâmina, e o resultado expressos em Newton (N) (FRONING *et al.*, 1978).

3.4.5 Perda por gotejamento

A análise de perda por gotejamento utilizou de amostras do músculo *pectoralis major* em formato de cubos com aproximadamente 100 g. As amostras previamente pesadas, foram penduradas dentro de sacos plásticos inflados e fechados, dispostos dentro de refrigerador a 4 °C e por 48 horas. Após, as amostras foram retiradas e pesadas novamente e foi calculada a porcentagem de perda (HONIKEL, 1998).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram avaliados por meio do software SPSS, versão 20.0, sendo adotado o nível de significância de $p < 0,05$. Para as análises das propriedades físico-químicas da carne foi utilizado o modelo de distribuição de probabilidade gama (Modelo Linear Generalizado gama), visto que estes dados são quantitativos. Para os dados sobre a avaliação da eficiência da insensibilização o modelo de distribuição de probabilidade foi gama binomial, devido aos dados serem categóricos e apresentarem-se como ausentes (0) ou presentes (1). Posteriormente, os dados que apresentaram diferenças significativas foram submetidos ao teste de Bonferroni, o qual aponta de forma precisa o fator que gerou maior interferência nos resultados (ROSSI; PORTELA, 2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EFICIÊNCIA DA INSENSIBILIZAÇÃO

O bater de asas coordenadas, a respiração rítmica e de vocalização não apresentaram diferença estatística entre os ensaios ($p > 0,05$), assim a frequência e *duty cycle* não interferiram nestes indicadores de Bem Estar Animal (Tabela 4).

Por outro lado, para os resultados de “pescoço arqueado”, a interação entre frequência e *duty cycle* foram significativos ($p < 0,05$) (Tabela 4). Apenas os ensaios em que a frequência era 1100 Hz (Tabela 5) apresentaram maior número de aves com pescoço levemente arqueado (em formato de “S”), o que não é desejável visto que o pescoço tensionado neste formato é indício de má insensibilização das aves (LUDTKE *et al.*, 2010).

Na análise do indicador “pisca de olhos voluntários” (Tabela 4), os resultados foram influenciados significativamente pela frequência e o *duty cycle* ($p < 0,05$). A frequência de 1500 Hz e 700 Hz apresentou maior incidência de piscar de olhos voluntários (Tabela 5). Os dados para *duty cycle* de 15% também demonstrou maior quantificação deste indicador. No entanto, a interação dos fatores não foi significativa em nenhum dos ensaios avaliados (Tabela 5).

Desta forma é possível afirmar que estes resultados demonstraram a baixa eficiência da insensibilização nestas condições. De fato, quando a insensibilização é bem executada, a ave possui apenas uma movimentação involuntária da membrana nictitante, porém, não é um natural piscar de olhos (HSA, 2016). Semelhantemente em trabalho que usou 650 Hz, 100 mA e *duty cycle* de 50 % foi observada alta incidência de “pisca de olhos voluntários, caracterizando uma ineficiente insensibilização das aves (Siqueira *et al.*, 2017).

Para o indicador de BEA fratura em asas, a frequência de 700 Hz e a interação entre a frequência de 1500 Hz e o *duty cycle* de 40% influenciaram significativamente nos resultados ($p < 0,05$) (Tabela 5), apresentando um maior índice de fratura em asas, fato este que compromete a qualidade e o rendimento da carcaça. Girasole *et al* (2015) relataram que uma frequência de 750 Hz e uma corrente média de 200 mA geraram menos lesões nas carcaças, contrariamente ao observado neste trabalho para a frequência de 700 Hz.

A frequência de 1200 Hz, de acordo com Girasole *et al* (2016), mesmo em altas correntes resultou em uma baixa probabilidade de uma insensibilização bem sucedida. Este resultado diverge do encontrado no presente estudo, considerando que as frequências de 1100 Hz e 1500 Hz analisados apresentaram menor incidência de fratura em asas, se comparado com a frequência de 700 Hz.

Assim, no que se refere aos parâmetros de BEA piscar de olhos voluntários, presença de pescoço arqueado e fratura em asas avaliados as altas ou baixas frequências aplicadas neste estudo (700 Hz, 1100 Hz e 1500 Hz) e um ciclo de trabalho de 15%, 25% e 40% não garantiram uma boa eficiência da insensibilização.

TABELA 4: Teste de efeito de modelo para insensibilização avaliando os fatores frequência (Hz) e *duty cycle* (%) e a incidência de pescoço arqueado, piscar de olhos voluntários e fraturas de asas de frangos de corte.

Variável dependente	Fonte de variação	Teste de hipótese Wald Q-quadrado	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fonte de variação	Teste de hipótese Wald Q-quadrado	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fonte de variação	Teste de hipótese Wald Q-quadrado	GL	<i>p</i>
Pescoço arqueado	Intercepto	240640.00	1	0.0000	Piscar de olhos voluntários	Intercepto	281708.00	1	0.0000	Fratura em asas	Intercepto	249057.00	1	0.0000
	F	2049.00	2	0.3590		F	15903.00	2	0.0000		F	19487.00	2	0.0000
	DC	.35	2	0.8390		DC	18973.00	2	0.0000		DC	0.69	2	0.7070
	F*DC	8970.00	3	0.0300		F*DC	19705.00	4	0.0010		F*DC	19705.00	4	0.0010

FONTES: O autor (2021)

LEGENDA: GL - Graus de Liberdade / valor de "*p*" em negrito - Significativo ao intervalo de confiança de 95% / F*DC - Frequência*Duty Cycle

TABELA 5: Estimativa dos parâmetros do modelo para insensibilização avaliando os fatores frequência e duty cycle e a incidência de pescoço arqueado, piscar de olhos voluntários e fraturas de asas de frangos de corte.

Variável dependente	Fator	GL	p	Variável dependente	Fator	GL	p	Variável dependente	Fator	GL	p
Pescoço arqueado	Intercepto	1	0.000	Piscar de olhos voluntários	Intercepto	1	0.000	Fratura em asas	Intercepto	1	0.0000
	F1100	1	0.000		F1500	1	0.000		F1500	1	0.4967
	F1500	1	0.711		F700	1	0.002		F700	1	0.0143
	F700	-	-		F1100	-	-		F1100	-	-
	DC15	1	0.074		DC15	1	0.000		DC15	1	0.6999
	DC25	1	0.345		DC40	1	0.000		DC40	1	0.1632
	DC40	-	-		DC25	-	-		DC25	-	-
	F1100*DC15	1	0.000		DC40	1	0.056		F1500*DC15	1	0.0750
	F1100*DC25	-	-		DC25	-	-		F1500*DC40	1	0.0024
	F1500* DC15	1	0.222						F700*DC15	1	0.0517
F1500* DC25	1	0.107				F700*DC40	1	0.8969			

FONTE: O autor (2021)

LEGENDA: F - Frequência / DC - *Duty Cycle* / GL - Graus de Liberdade / - : Nível do fator tomado como referência / valor de " p " em negrito - Significativo ao intervalo de confiança de 95%

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE

Os resultados para hematomas na articulação entre peito e asa, pH 24h, cor (coordenada L* - luminosidade) e de hematomas no peito não apresentaram diferença estatística entre os ensaios ($p>0,05$), assim a frequência e *duty cycle* não interferiram nestes indicadores de qualidade da carne (Tabela 6).

O resultado para a avaliação do indicador de qualidade da carne hematomas entre peito e asa não diferiu significativamente entre os ensaios ($p>0,05$), isto porque apresentou a formação de hematomas e sanguinolências em todas as avaliações realizadas, inclusive, na parte interna do músculo *pectoralis major*, conforme figura 2. Desta forma, há perda no rendimento da carcaça, gerando prejuízo para a indústria, visto que visualmente o corte fica em desacordo com os padrões de qualidade o que inviabiliza a comercialização do mesmo nesta condição.

FIGURA 2: Exemplo observado de formação de hematoma e sanguinolência em todos os ensaios avaliados.



FONTE: O autor (2021)

A formação de danos nas carcaças é de certa forma, inevitável na indústria frigorífica, porém, é possível reduzir a incidência com o uso de parâmetros de insensibilização adequados para as características da fábrica e do lote a ser abatido (BARBUT, 2010).

De acordo com Cuadrado (2012), o uso de altas frequências pode diminuir a incidência de fraturas e hemorragias porque a força de contração, causada pela estimulação da musculatura, é menor nesses casos, porém, no presente trabalho foi possível observar a ocorrência de hematomas em todos os níveis de frequência avaliados (700 Hz, 1100 Hz e 1500 Hz).

Na avaliação da cor da carne a frequência influenciou estatisticamente nos resultados do parâmetro a^* ($p < 0,05$) (Tabela 6), apresentando os maiores valores. Para o parâmetro b^* , a frequência e *duty cycle* foram significativos ($p < 0,05$). Na análise do parâmetro a^* , os resultados tiveram influência significativa da frequência de 1500 Hz ($p < 0,05$) (Tabela 7). Para b^* , de forma individualizada, os parâmetros de frequência a 1100 Hz e o *duty cycle* a 25% foram os interferentes estatisticamente predominantes ($p < 0,05$) (Tabela 7).

O parâmetro de a^* , conforme tabela 8, a maior média entre os valores observados foi para a interação da frequência em 1500 Hz com o *duty cycle* de 15% (3,14), demonstrando uma coloração mais vermelha que para os demais ensaios. Para b^* , a maior média observada foi para a frequência em 1100 Hz, de forma isolada (11,17), bem como para a interação da frequência de 1100 Hz com o *duty cycle* de 25% (11,87), podendo evidenciar uma coloração tendendo ao amarelo, se comparado aos demais ensaios avaliados.

Os resultados encontrados para a^* e b^* neste estudo são considerados normais (rosa pálido), isto porque a carne de frango, quando ainda crua, pode apresentar tonalidades que variar entre o vermelho e o amarelo, resultado do tipo de músculo, a idade do animal e, também, a alimentação (BROWN, 2014).

Apesar de não ter sido observada diferença significativa para L^* entre os ensaios avaliados, todos apresentaram valores acima do padrão esperado para carne de frango. É considerado um valor dentro da normalidade para L^* de 43,20 (VENTURINI, SARCINELLI, SILVA, 2007), sendo que para o presente estudo a menor média encontrada foi de 54,53 e a maior média de 57,90 (TABELA 8).

Com base no disposto pelo Regulamento CE 1099/2009 e no antigo regulamento da UE sobre a insensibilização das aves, Sirri *et al* (2017) avaliaram o efeito do uso da frequência em 400 Hz com a intensidade da corrente em 150 mA/ave e 90 mA/ave na qualidade da carne de frango e, identificaram que não houve diferença significativa para os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*). Este resultado

também foi vislumbrado por Huang *et al* (2014) e Huang *et al* (2017) em diferentes condições de insensibilização. É possível compreender que, estes parâmetros podem ter sido influenciados pelo *duty cycle*, considerando que esse foi o único parâmetro não relatado pelos referidos autores.

Os resultados de pH 2h e CRA foram influenciados pela frequência, *duty cycle* e a interação entre ambos (TABELA 6). Foram significativos ($p < 0,05$) para os valores de pH 2h, a frequência de 1100 Hz e 700 Hz, o *duty cycle* de 15% e 25% e a interação da frequência em 1100 Hz e *duty cycle* de 25%, a frequência de 700 Hz e *duty cycle* de 15% e a frequência de 700 Hz e *duty cycle* de 25% (TABELA 7). Pode-se evidenciar que as frequências de 1100 Hz e de 700 Hz e *duty cycle* de 15% e 25% propiciaram um maior declínio do pH em 2h. Isto pode estar relacionado com o fato destas frequências terem sido as menores entre os ensaios, assim como o *duty cycle*, o que diminui a eficiência da insensibilização devido ao maior estresse das aves (HUANG *et al*, 2014).

A maior média para o pH 2h entre os ensaios foi 6,82 na interação da frequência de 700 Hz com *duty cycle* de 15% e a menor média foi de 6,31, observado na interação da frequência de 1500 Hz com *duty cycle* de 25% (Tabela 8). Pode-se evidenciar, também, que o pH 24h *post mortem* não diferiu significativamente entre os ensaios ($p > 0,05$). Huang *et al* (2017) utilizaram a frequência de 500 Hz, 600 Hz, 700 Hz, 800 Hz e 900 Hz e, puderam evidenciar um pH 2h semelhante entre os ensaios de 600 Hz, 700 Hz e 800 Hz, de 6,01, ainda assim, foram relativamente inferiores aos encontrados no presente estudo. Além disso, o pH 24h observado no trabalho do referido autor não apresentou diferença significativa, corroborando com os dados encontrados no presente estudo.

Siqueira *et al* (2017) avaliaram a intensidade da corrente fixada em 100 mA e a frequência em duas condições, em 650 e 300 Hz, ambos os parâmetros foram inferiores ao presente estudo e, para a análise de pH foi identificado uma média entre os dois ensaios de 5,77. Neste trabalho os valores de pH se apresentaram entre 6,31 (menor média entre os ensaios) a 6,82 (maior média entre os ensaios) (TABELA 8), sendo que a faixa de pH considerada normal para carne de aves após o *rigor mortis* é entre 5,7 e 5,9 (VENTURINI, SARCINELLI, SILVA, 2007).

Um fato observado neste trabalho é que, apesar dos valores de L* e pH terem diferido do considerado normal para carne de frango de corte, os dados não

corroboram com a literatura sobre a incidência das anomalias PSE (*Pale, Soft and Exudative*) e DFD (*Dark, Firm and Dry*), considerando que para classificar uma carne como PSE, com coloração pálida, textura mole e exudativa, a luminosidade (L^*) deveria apresentar valores ≥ 51 e o pH $\leq 5,9$. E, para classificar como DFD, com coloração escura, textura firme e com grande capacidade de retenção de água, a luminosidade (L^*) deveria apresentar valores < 44 e pH $> 6,2$ (POZNYAKOVSKIY *et al*, 2015).

De acordo com Kaminishikawahara *et al* (2014), uma nova classificação de anomalia vem sendo observada nas indústrias, a PFN (*Pale, Firm, Non-exudative*) a qual confere para a carne uma coloração pálida, com textura firme e não exudativa, apresentando um pH $> 5,8$ e $L^* > 53,0$, fato que pode ser observado em todos os ensaios do presente trabalho (TABELA 8).

A textura foi influenciada pela frequência e a interação entre frequência e *duty cycle* (TABELA 6). Na avaliação da textura, foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$) a frequência de 1100 Hz e a interação entre a frequência de 1500 Hz e o *duty cycle* a 15% e a frequência de 1500 Hz e o *duty cycle* a 25% (Tabela 7).

Silva-Buzanello *et al* (2018) identificaram que na insensibilização por eletronarcose utilizando a frequência em 400 Hz e 150 mA, a textura apresentou o resultado de 9,23 N, indicando ser uma carne macia. Porém, os autores identificaram, também, um valor de pH $\leq 5,8$, o que consideraram indicativo de carne PSE. Para textura, o presente estudo identificou a menor média como sendo 18,74 N e a maior 24,96 N (TABELA 8). Isso pode estar relacionado com o uso de frequências e intensidade da corrente maiores que ao apresentado pelo referido autor. Xu *et al* (2011) identificaram o oposto, onde o uso de frequências elevadas associadas a correntes mais altas, diminuíram a força de cisalhamento. Parteca *et al*, 2020) avaliaram, entre outras características, a textura da carne de peru após serem insensibilizados com o uso de frequências variando entre 50 Hz a 1000 Hz, intensidade da corrente entre 250 mA a 400 mA e tensão da corrente entre 150 a 190 V, porém, não identificaram diferença significativa em nenhum dos 9 ensaios realizados.

Na avaliação da insensibilização por eletronarcose em perus, Parteca (2017) identificou que os ensaios onde o pH apresentou suas maiores médias, também foi observado os maiores valores de força de cisalhamento, corroborando com os

dados encontrados no presente estudo em ambos os indicadores. A característica sensorial da maciez da carne pode ser prejudicada com a queda do pH, isso porque também ocorre a diminuição da capacidade de retenção de água, conferindo uma carne PSE (ROQUE-SPECHT *et al*, 2009).

Para a análise de CRA, a frequência de 1500 Hz e a interação da frequência de 1100 Hz com *duty cycle* de 25% foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$) (TABELA 7). Smaldone *et al* (2021), em seu estudo, fixaram a frequência em 1400 Hz e garantiram uma média de 200 mA por ave, com isso, identificaram na análise de capacidade de retenção de água, uma média de 79,58% a 82,57%. Esse resultado difere com o encontrado no presente estudo, considerando que a frequência que diferiu significativamente (1500 Hz) apresentou as maiores médias de CRA, de forma isolada e combinada com *duty cycle*, demonstrando uma menor capacidade de retenção de água na musculatura da carne. Pode-se perceber, também, com base nos dados apresentados na tabela 7, que a CRA na frequência de 1100 Hz, tanto para este parâmetro isolado quanto combinado com o *duty cycle*, todos as médias foram maiores que para a frequência de 700 Hz, demonstrando que quanto menor a frequência, maior seria a CRA.

Os valores de CRA, quando baixos, evidencia uma predisposição para uma carne PSE, uma característica indesejável, pois afeta a carne e seus derivados no quesito aparência, lucratividade e qualidade do consumo (SMALDONE *et al*, 2021; KARUNANAYAKA *et al*, 2016).

A formação do ácido lático na musculatura no *post mortem* além de ocasionar o declínio do pH é responsável pela diminuição na capacidade de retenção de água. Essa reação bioquímica causa a desnaturação das proteínas e as torna insolúveis, dificultando assim, a atração da água (ROQUE-SPECHT *et al*, 2009).

TABELA 6: Teste de efeito de modelo para insensibilização avaliando os fatores frequência (Hz) e *duty cycle* (%) para cor, pH, textura e capacidade de retenção de água em filé de peito de frango de corte.

Variável dependente	Fonte de variação	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fonte de variação	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fator	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fator	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fator	GL	<i>p</i>
Cor a*	Intercepto	1	0.0000	Cor b*	Intercepto	1	0.0000	pH 2h	Intercepto	1	0.0000	Textura	Intercepto	1	0.0000	CRA	Intercepto	1	0.0000
	F	2	0.0050		F	2	0.0000		F	2	0.0000		F	2	0.0000				
	DC	2	0.5720		DC	2	0.0000		DC	2	0.0000		DC	2	0.1680		DC	2	0.0000
	F * DC	4	0.3630		F*DC	4	0.0005		F*DC	4	0.0000		F*DC	4	0.0040		F*DC	4	0.0010

FONTE: O autor (2021)

LEGENDA: GL - Graus de Liberdade / valor de "*p*" em negrito - Significativo ao intervalo de confiança de 95% / F*DC - Frequência**Duty Cycle*

TABELA 7: Estimativa dos parâmetros do modelo para insensibilização avaliando os fatores frequência (Hz) e *duty cycle* (%) para cor, pH, textura e capacidade de retenção de água em filé de peito de frangos de corte.

Variável dependente	Fonte de variação	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fonte de variação	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fonte de variação	GL	<i>p</i>	Variável dependente	Fator	GL	<i>p</i>
COR b*	Intercepto	1	0.0000	pH 2h	Intercepto	1	0.0000	TEXTURA	Intercepto	1	0.7113	CRA	Intercepto	1	0.0000
	F1100	1	0.0000		F1100	1	0.0000		F1100	1	0.0173		F1100	1	0.5340
	F1500	1	0.1049		F700	1	0.0000		F1500	1	0.7895		F1500	1	0.0020
	F700				F1500		-		F700		-		F700	-	-
					DC15	1	0.0324		DC15	1	0.8458		DC15	1	0.4760
					DC25	1	0.0000		DC25	1	0.4689		DC25	1	0.3340
					DC40		-		DC40		-		DC40	-	-
					F1100* DC15	1	0.4870		F1100* DC15	1	0.6560		F1100* DC15	1	0.0840
	DC40	1	0.1105		F1100* DC25	1	0.0000		F1100* DC25	1	0.9585		F1100*DC25	1	0.0020
					F700* DC15	1	0.0002		F1500* DC15	1	0.0145		F1500*DC15	1	0.1070
	DC15				F700* DC25	1	0.0000		F1500* DC25	1	0.0239		F1500*DC25	1	0.4820

FONTES: O autor (2021)

LEGENDA: GL - Graus de Liberdade / valor de "*p*" em negrito - Significativo ao intervalo de confiança de 95% / F*DC - Frequência**Duty Cycle*

TABELA 8: Média, desvio padrão e coeficiente de variação dos resultados obtidos em todos os ensaios analisados.

Fonte de variação	CRA		Textura		Gotejamento		pH 2h		pH 24h		L*		a*		b*	
	Média ± DP	CV (%)	Média ± DP	CV (%)	Média ± DP	CV (%)	Média ± DP	CV (%)	Média ± DP	CV (%)	Média ± DP	CV (%)	Média ± DP	CV (%)	Média ± DP	CV (%)
F700	59,38 ± 2,09	3,51	19,63 ± 7,49	38,15	3,75 ± 1,09	29,06	6,58 ± 0,22	3,3	6,07 ± 0,18	2,96	55,41 ± 3,19	5,75	2,17 ± 1,32	60,83	9,78 ± 1,80	18,40
F1100	63,25 ± 4,74	7,49	23,12 ± 6,89	29,80	3,71 ± 0,58	15,63	6,69 ± 0,14	2,1	6,07 ± 0,15	2,47	56,50 ± 2,31	4,09	2,55 ± 0,96	37,64	11,17 ± 1,43	12,80
F1500	62,89 ± 3,69	5,86	22,82 ± 7,97	34,92	3,59 ± 1,33	37,04	6,46 ± 0,18	2,8	6,08 ± 0,13	2,13	56,17 ± 2,89	5,14	2,87 ± 1,76	61,32	10,20 ± 1,49	14,60
DC15	61,27 ± 2,80	4,57	22,13 ± 6,93	31,31	3,57 ± 0,67	18,77	6,65 ± 0,23	3,5	6,09 ± 0,18	2,95	54,94 ± 2,87	5,22	2,46 ± 1,44	58,53	9,87 ± 1,56	15,81
DC25	63,97 ± 4,18	6,53	22,53 ± 8,42	37,37	3,58 ± 0,78	21,79	6,56 ± 0,18	2,8	6,06 ± 0,14	2,31	57,22 ± 2,60	4,54	2,48 ± 1,16	46,77	10,98 ± 1,68	15,30
DC40	60,27 ± 4,12	6,84	20,92 ± 7,36	35,18	3,90 ± 1,47	37,69	6,51 ± 0,19	2,9	6,07 ± 0,14	2,31	55,91 ± 2,61	4,67	2,64 ± 1,60	60,61	10,31 ± 1,62	15,71
F700*DC15	59,57 ± 2,06	3,46	19,36 ± 6,74	34,81	3,58 ± 0,69	19,27	6,82 ± 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
F700*DC40	58,67 ± 1,93	3,29	20,79 ± 8,21	39,49	3,86 ± 1,64	42,48	6,54 ± 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
F700*DC25	59,90 ± 2,28	3,81	18,74 ± 7,42	39,59	3,81 ± 1,79	46,98	6,39 ± 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
F1500*DC40	62,68 ± 3,25	5,19	20,34 ± 7,73	38,00	4,10 ± 1,99	48,54	6,67 ± 0,09	1,3	6,08 ± 0,11	2,14	55,77 ± 3,18	5,7	2,85 ± 1,89	66,32	10,12 ± 1,52	15,02
F1500*DC15	60,61 ± 2,78	4,59	23,15 ± 5,55	23,97	3,29 ± 0,61	18,54	6,39 ± 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
F1500*DC25	65,38 ± 3,57	5,46	24,96 ± 9,53	38,18	3,39 ± 0,95	28,02	6,31 ± 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
F1100*DC25	66,66 ± 3,12	4,68	23,88 ± 6,83	28,60	3,55 ± 0,60	16,90	6,63 ± 0,14	2,1	6,04 ± 0,15	2,15	57,31 ± 2,27	2,27	2,50 ± 1,07	42,8	11,87 ± 1,14	9,60
F1100*DC40	59,46 ± 5,50	9,24	21,62 ± 6,02	27,84	3,74 ± 0,50	13,37	6,70 ± 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
F1100*DC15	63,63 ± 1,84	2,89	23,87 ± 7,59	31,80	3,84 ± 0,66	17,19	6,74 ± 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
ANOVA (p)																
Frequência (Hz)	0.0000 *		0.0000 *		0.8370		0.0000 *		0.9200		0.024 *		0.0113 *		0.0000 *	
Duty Cycle (%)	0.0000 *		0.0989		0.4000		0.0000 *		0.5010		0.0000 *		0.6665		0.0004 *	
F * DC	0.0039 *		0.0096 *		0.6540		0.0000 *		0.4360		0.4970		0.3253		0.2192	

FONTE: O autor (2021)

LEGENDA: CV (%): Porcentagem do coeficiente de variação / DV: Desvio Padrão / * Valor de p significativo ao intervalo de confiança de 95% / Valores de média ± DP em vermelho: maiores e menores valores médios entre os ensaios.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir por meio do presente estudo, que todos os ensaios apresentaram algum nível de comprometimento dos indicadores, seja de Bem Estar Animal ou da qualidade da carne.

Para BEA (piscar de olhos voluntários, presença de pescoço arqueado e fratura em asas) todas as frequências e o *duty cycle* de 15% apresentaram maior incidência destes indicadores e, para a qualidade da carne, apenas o *duty cycle* de 40% seja isolado ou associado à frequência, não demonstrou influência estatisticamente significativa nos resultados.

Desta forma, pode-se compreender que o uso destes parâmetros elétricos nestas configurações - frequência (700 Hz, 1100 Hz e 1500 Hz) e *duty cycle* (15%, 25% e 40%) – não apresentaram boas condições para a insensibilização das aves e para a qualidade do produto final. Contudo, pode-se observar que o *duty cycle* de 40%, quando avaliado de forma isolada, demonstrou influenciar positivamente os indicadores de qualidade da carne e de BEA, sugerindo que outras configurações deste parâmetro podem contribuir para um processo de insensibilização mais eficiente e com melhores condições para a qualidade do produto final.

Além disso, foi possível observar a influência do *duty cycle* nas avaliações, tanto positiva quanto negativa. Desta forma, é necessária a realização de novos estudos para solidificar os resultados encontrados e, identificar um nível aceitável deste parâmetro associado à frequência, que minimize a incidência de lesões nas carcaças e, conseqüentemente, da qualidade da carne.

6 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Proteína Animal. ABPA. **Relatório anual 2020**, p. 28-30 2020.

Associação Brasileira de Proteína Animal. ABPA. **Mercados**. 2020. Disponível em: <https://abpa-br.org/mercados/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

ALBRECHT, A. *et al.* Influence of different production systems on the quality and shelf life of poultry meat: A case study in the German sector. **Journal of Food Quality**. v. 2019, n.11, p. 1-6, 2019.

AVISITE. **O Portal da Avicultura**. Paraná se mantém como maior produtor de frangos do Brasil. Disponível em: <https://www.avisite.com.br/index.php?page=noticias&id=23361>. Acesso em: 06 jun. 2021.

BARBUT, S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, n. 3, p. 455-457, 1996.

BARBUT, S. Past and future of poultry meat harvesting technologies. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, p. 399-410, 2010.

BERG, C.; RAJ, M. A review of different stunning methods for Poultry Animal Welfare aspects (stunning methods for poultry). **Animals**. v. 5, p. 1207-1219, 2015.

BORZUTA, K. *et al.* The physiological aspects, technique and monitoring of slaughter procedures and it's effects on meat quality – review. **Annals of Animal Science**, v. 19, n. 4, p. 857-873, 2019.

BOSSOLANI, I. L. C. **Eletronarcese no abate de frangos de corte**. 2015. Dissertação (Mestrado em ciência animal) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/138404>. Acesso em: 02 jan. 2021.

BRASIL. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. **Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue**. Diário Oficial da União, 24 de jan. de 2000.

BROWN, A. C. **Understanding Food: Principles and Preparation**. Edição nº 6. Editora Boston: Cengage Learning, 2014.

COENEN, A. M. L. *et al.* Remote monitoring of electroencephalogram, electrocardiogram, and behavior during controlled atmosphere stunning in broilers: implications for welfare. **Poultry Science**, v. 88, n. 1, p. 10-19, 2009.

CUADRADO, V.M. **Estudio del aturdimiento efectivo de patos mediante eletronarcesis en baño de agua - repercusiones sobre la calidad del producto final**. 2012. Trabajo Fin de Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos.

Campus de Palencia, Universidad de Valladolid. Disponível em: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/1428>. Acesso em 24 ago. 2020.

DEVOS, G.; MOONS, C.P.H.; HOUF, K. Diversity, not uniformity: slaughter and electrical waterbath stunning procedures in Belgian slaughterhouses. **Poultry Science**. v. 97, n. 9, p. 3369-3379, 2018.

EUROPEAN UNION COUNCIL. **Regulamento (CE) nº 1099 do conselho de 24 de setembro de 2009 relativo à proteção dos animais no momento da occisão**. 2009.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/poultry-production-products/socio-economic-aspects/markets-trade/es/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FLUXO, equipamentos eletrônicos. **PWM (Pulse Width Modulation – Modulação de largura de pulso)**. Chapecó, Santa Catarina. 2021.

FRONING, G. W.; BABJI, A. S.; MATHER, F. B. O efeito do pré-abate, temperaturas, estresse, luta e anestesia na cor e características texturais do músculo de peru. **Poultry Science**, v.57, n. 3, p. 630-633, 1978.

GEZGIN, T.; KARAKAYA, M. The effects of electrical water bath stunning on meat quality of broiler produced in accordance with Turkish slaughter procedures. **Journal of Poultry Research**, v. 13, n. 1, p. 22-26, 2016.

GIRASOLE, M. *et al.* Optimization of stunning electrical parameters to improve animal welfare in a poultry slaughterhouse. **Italian Journal of Food Safety**, v. 4, n. 3, p.175-178, 2015.

GIRASOLE M. *et al.* Effect of electrical waterbath stunning on physical reflexes of broilers: evaluation of stunning efficacy under field conditions. **Poultry Science**, v. 95, n. 5, p.1205–1210, 2016.

GREGORY, N.G. Catching damage. **Poultry International**, v.31 n.6, p.54-56, 1992.

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**, v. 93, n. 8, p. 2087-2095, 2014.

HUANG, J. C. *et al.* Effect of electrical stunning frequency on meat quality, plasma parameters, and protein solubility of broilers. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 2986-2991, 2017.

HUMANE SLAUGHTER ASSOCIATION (HSA). **Electrical Waterbath Stunning of Poultry**. Disponível em: <https://www.hsa.org.uk/>. Acesso em 18 jan. 2021.

KAMINISHIKAWAHARA, C. M. **Caracterização bioquímica e estrutural de filés de frango análogo a PFN (Pale, Firm, Non-exudative) e PSE (Pale, Soft, Exudative)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, 2014.

KARUNANAYAKA, D. S. *et al.* Prevalence of pale, soft, and exudative (PSE) condition in chicken meat used for commercial meat processing and its effect on roasted chicken breast. **Journal of Animal Science and Technology**. v. 58, n.27, p.1-8, 2016.

KRANJAC, D. *et al.* Outlook om EU and Croatian Poultry Meat Market – Partial Equilibrium Model Approach. **Poultry Science**, v. 75, n. 1, p. 93-104, 2018.

LUDTKE, C. B. *et al.* **Abate humanitário de aves**. SOCIEDADE MUNDIAL DE PROTEÇÃO ANIMAL (WSPA), 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/arquivos-publicacoes-bem-estar-animal/programa-steps-abate-humanitario-de-aves.pdf> . Acesso em 21 abr. 2020.

MEJRI, J. *et al.* Investigation and modeling of electrical stunning parameters of Turkey using response surface methodology. **International Journal of Biotechnology for Wellness Industries**, v. 2, n. 1, p. 29-38, 2013.

MERCOGLIANO, R. *et al.* Study on the effects of electrical stunning parameters for broilers on biochemical and histological markers of stress and meat quality. **Animal Production Science**, v. 57, n. 6, p. 1144-1148, 2016.

NAKYINSIGE, K. *et al.* Stunning and animal welfare from Islamic and scientific perspectives. **Meat Science**, v. 95, n. 2, p. 352-361, 2013.

NICOLAU, J., *et al.* Exposure to carbonic gas enriched atmosphere or electrical water bath to stun or kill chickens. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 17, n. 3, p. 341-346, 2015.

NOVOA, M. *et al.* Water-bath stunning process in broiler chickens: Effects of voltage and intensity. **Spanish Journal of Agricultural Research**. v. 17, n. 2, p. 1-8, 2019.

Painel da Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos sobre Saúde e Bem-Estar Animal (AHAW). **Abate de animais: Aves**. EFSA Journal. 2019. Disponível em: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2019.5849>. Acesso em 12 ago. 2020.

PARTECA, S. *et al.* Efeitos da insensibilização elétrica na qualidade da carne de perus: Revisão, **Arquivos de Pesquisa Animal**, v. 1, n. 1, p. 9-30, 2017.

PARTECA, S. *et al.* Parâmetros de atordoamento elétrico: impacto na qualidade da carne de peru (*Meleagris gallopavo*). **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 2020, p. 2612-2618, 2020.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; CAVANI, C. Pre-slaughter handling and slaughtering factors influencing poultry product quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, n. 1, p. 17-26, 2010.

POZNYAKOVSKIY, V. *et al.* About the quality of meat with PSE and DFD properties. **Foods and Raw Materials**, v. 3, n. 1, p.104-110, 2015.

ROQUE-SPECHT, V. F. *et al.* Avaliação da capacidade de retenção de água em peitos de frango em função do pH final. **Revista Brasileira Agrociência**, v.15, n.1, p.77-81, 2009.

ROSSI, A. Portela. C. **Modelos Lineares Generalizados**. 2018. Laboratório de Aprendizado de Máquina em Finanças e Organizações. Disponível em: <https://lamfo-unb.github.io/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

SANTOS, G. E. O. **Cálculo amostral**: calculadora on-line. Disponível em: <http://www.calculoamostral.vai.la>. Acesso em: 30 jan. 2020.

SATO, D. **Medida da corrente elétrica de frequência Híbrida no cérebro de frangos para fins de insensibilização**. 2016. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

SIRRI, F. *et al.* Effect of EU electrical stunning conditions on breast meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, p. 3000-3004, 2017.

SCHILLING, M. W., *et al.* Processing, products, and food safety: the effects of low atmosphere stunning and deboning time on broiler breast meat quality. **Poultry Science**, v.91, n.12, p. 3214-3222, 2012.

SCHILLING, M. W.; VIZZIER-THAXTON, Y.; ALVARADO, C. Z. Slaughter – line operation - poultry. **Encyclopedia of Meat Sciences**, v. 3, n. 2014, p. 303-308, 2014.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S. *et al.* Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. **Meat Science**, v. 92, n. 3, p. 227-243, 2012.

SILVA, I.J.O., VIEIRA, F.M.C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: O caso da avicultura de corte brasileira. **Revista Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 2010, p. 113-131, 2010.

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

SIQUEIRA, T. S. *et al.* Effect of electrical stunning frequency and current waveform in poultry welfare and meat quality. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 2956-2964, 2017.

SMALDONE, G. *et al.* The influence of boilers' body weight on the efficiency of electrical stunning and meat quality under field conditions. **Animals**, v.11, n. 5, p. 1362-1371, 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Abate de aves**. 2016. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock.PDF>. Acesso em: 18 jun. 2021.

VENTURINI, K. S.; SARNICELLI, M. F.; SILVA, L. C. da. Características da carne de frango. **Boletim Técnico**. Universidade Federal do Espírito Santo, p. 1307, 2007.

XU, L. *et al.* Efeito da corrente de atordoamento elétrico e frequência na qualidade da carne, parâmetros do plasma, e potencial glicolítica em frangos. **Poultry Science**, v. 90, n. 2011, p. 1823-1830, 2011.

XU, L. *et al.* Evaluation of pre-slaughter low-current/high-frequency electrical stunning on lipid oxidative stability, antioxidant enzyme activity and gene expression of mitogen-activated protein kinase/nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (MAPK/Nrf2) signalling pathway in thigh muscle of broilers. **Institute of Food Science and Technology**, v. 55, n. 3, p. 953-960, 2019.

WOTTON, 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 Journal Preprints**, v. 10, n. 2, p. 1-7, 2014.

WOTTON, S. *et al.* Head-only stunning of turkeys part 1: The minimum voltage necessary to break down the inherent high resistance. **Animals**, v. 10, n. 12, p. 229-232, 2020.

YANG, J. *et al.* Effect of electrical stunning frequency on meat quality, plasma parameters, and protein solubility of broilers. **Poultry Science Association**, v. 96, n. 8, p. 2986-2991, 2017.