



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**USO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA EM CARÇAÇAS BOVINAS:  
UMA REVISÃO.**

Mayara Rosa de Abadia  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ângela Patrícia Santana

BRASÍLIA - DF  
JULHO/2019



**MAYARA ROSA DE ABADIA**

---

**USO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA EM CARCAÇAS BOVINAS:  
UMA REVISÃO.**

Trabalho de conclusão de curso de  
graduação em Medicina Veterinária  
apresentado junto à Faculdade de  
Agronomia e Medicina Veterinária  
da Universidade de Brasília.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dra. Ângela Patrícia Santana

BRASÍLIA - DF  
JULHO/2019

Abadia, Mayara Rosa

Uso da estimulação elétrica em carcaças bovinas: Uma Revisão. / Mayara Rosa de Abadia; orientação de Ângela Patrícia Santana. – Brasília, 2019.

30 p.: il.

Trabalho de conclusão de curso de graduação – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019

Nome do Autor: Mayara Rosa de Abadia

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Uso da Estimulação Elétrica em

Carcaças Bovinas: Uma Revisão. Ano: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.



---

Mayara Rosa de Abadia

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Nome do autor: ABADIA, Mayara Rosa

Título: Uso da estimulação elétrica em carcaças bovinas: Uma Revisão.

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Medicina Veterinária apresentado junto à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

Aprovado em: 08 de julho de 2019.

Banca Examinadora

Prof. Dr. SIMONE PERCECIN Instituição: UNB

Julgamento: APROVADA Assinatura: [assinatura]

Prof. Dr. Angela Patricia Santos Instituição: UNB

Julgamento: aprovada Assinatura: [assinatura]

Prof. Dr. Rodrigo Vidal Oliveira Instituição: FAV

Julgamento: APROVADA Assinatura: [assinatura]

## DEDICATÓRIA

À minha mãe dedico todo o mérito das minhas conquistas.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe Mara por todo seu incentivo, apoio, presença, amor, empenho e sacrifício na busca em sempre ofertar o melhor a mim, reconheço com toda a minha gratidão o seu exercício como minha mãe.

Ao meu irmão Valter Júnior com quem adquiri os melhores traços da minha personalidade, por todo conhecimento compartilhado e todas lições ensinadas.

Agradeço, especialmente, à Brasília, cidade do meu andar que me recriou.

A Universidade de Brasília por todo aprendizado, oportunidades e por me permitir a realizar sonhos.

Aos autores/pesquisadores cujas atividades de pesquisa, particularmente as relacionadas ao processamento de carcaças, permitiram-me desenvolver o estudo aqui descrito.

Agradeço o direcionamento, o respaldo com materiais e as sugestões úteis da minha orientadora neste trabalho Professora Ângela Patrícia Santana.

## **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO .....	10
1.1. HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO ELÉTRICA NA INDÚSTRIA DE CARNE .....	12
2. CONCEITO .....	13
3. ATUAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA BIOQUÍMICA MUSCULAR ..	13
3.1. <i>COLD SHORTENING</i> (ENCURTAMENTO PELO FRIO) .....	13
3.2. SISTEMAS DAS CALPAÍNAS .....	14
3.3. PH DAS CARNES .....	16
4. INFLUÊNCIA DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA QUALIDADE DA CARNE	18
4.1. MACIEZ .....	18
4.2. COR .....	18
4.3. QUALIDADE MICROBIOLÓGICA .....	19
5. APLICAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA – PARÂMETROS .....	20
5.1. TENSÃO ELÉTRICA .....	20
5.2. CORRENTE .....	21
5.3. LOCAL DA APLICAÇÃO NA CARÇAÇA .....	21
5.4. CUSTOS .....	22
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	22
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

AMP – Adenosina monofosfato  
ATP – Adenosina trifosfato  
CAF – Enzimas fatoradas pelo cálcio  
DFD – *Dark, firm and dry*  
EE – Estimulados  
Hz – Hertz  
Ms – Milésimos por segundos  
NE – Não estimulados  
PSE – *Pale, soft and exudative*  
US – *United States*  
US\$ – *United States dollar*  
V – Volts  
 $\mu\text{m}$  – Micrômetro

## RESUMO

A estimulação elétrica na indústria da carne foi comercialmente incorporada na década de 1970. O estímulo aplicado na carcaça excita o tecido muscular antecipando a instalação do *rigor mortis*. Dessa forma, a glicólise e a proteólise são aceleradas após o abate. Verifica-se, com isso, mais ácido lático e cálcio no

músculo, resultando em um menor pH e na ativação do sistema das calpaínas mais rapidamente. Na linha de abate, no processamento da carne bovina, a estimulação elétrica é um dispositivo inserido para evitar o aparecimento de carnes PSE e DFD, mas também para melhorar características relacionadas à qualidade: redução do *cold shortening* (encurtamento pelo frio), maior índice de maciez, menor atividade microbiana e melhores escalas de cor à carne. O Brasil é um grande produtor de carne e o uso de tecnologias como a estimulação elétrica, na operação industrial, aumenta a eficiência do setor e a geração de produtos de melhor qualidade. Este trabalho tem por objetivo fazer uma revisão de literatura a respeito do uso da estimulação elétrica nas carcaças de bovinos e as contribuições desse protocolo.

**Palavras-chave:** carne, glicólise, proteólise, maciez, qualidade, tecnologia.

### ABSTRACT

Electrical stimulation in the meat industry was initially used in the 70's. This impulse in the carcass stimulates the muscle tissue and anticipates the resolution of rigor mortis. Thus, glycolysis and protein breakdowns are accelerated after the slaughter of the animal. It then causes higher concentration of lactic acid and calcium in the muscle, with lower pH and faster calpains activation. During the process after the slaughtering, electrical stimulation not only avoids PSE and DFD meat, but also improves meat quality, by decreasing cold shortening, improving tenderness, making microbial activity lower and achieving better meat color scales. Brazil there is a high meat sector and technologies such electrical stimulation contribute with

better efficiency for this industry. They also improve the quality of major products. This study reviews the academic literature about electrical stimulation in cattle carcass and focuses on the advantages of its use.

**Keywords:** meat, glycolysis, proteolysis, quality, technology, tenderness.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor pecuário desempenha importante função no desenvolvimento econômico do Brasil (FAO, 2018). A Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC), em seu relatório anual divulgado no início de 2019, classificou o Brasil como o maior exportador mundial de carne bovina, em um cenário de crescente demanda global por alimentos de origem animal. Os dados divulgados pelo produto interno bruto (PIB) afirmam a significativa participação deste segmento na economia (ABIEC, 2019). Ainda segundo essa mesma referência, a contribuição da cadeia produtiva representa, em média, 6% do PIB brasileiro, ou 30% do PIB do agronegócio. Desse modo, conforme as necessidades de consumo foram crescendo e se diversificando, a atividade pecuária foi se desenvolvendo e se mostrando rentável (CEPEA, 2018; EMBRAPA, 2017; SENAR, 2016).

O Brasil apresenta atualmente 214,69 milhões de cabeças de bovinos que estão distribuídos em 162,19 milhões de hectares. Os abates somam 44,23 milhões de cabeças com rendimento de 10,96 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC) (ABIEC, 2018).

A eficiência da pecuária ocorre com a atividade industrial, e seu rendimento e receita alcançam maior abrangência por meio das indústrias de carne (*Meat and Livestock Australia – MLA, 2017*). O vasto potencial de processamento e empreendedorismo das indústrias frigoríficas incrementa as atividades de produção da pecuária, promovendo o aproveitamento máximo no processamento de fabricação, garantindo a competitividade e a qualidade que caracterizam os produtos da indústria brasileira (EMBRAPA, 2000).

O Brasil exportou, no ano de 2018, um total de 1,64 milhão toneladas de carne bovina, aumentando em 11% em relação ao volume registrado em 2017, consolidando a posição do país como principal exportador mundial do produto (ABIEC, 2019). A indústria dessa seção registrou um faturamento de US\$ 6,57 bilhões; os números impulsionam a indústria do segmento e, conseqüentemente, estimulam investimentos tecnológicos (ABIA, 2019).

Um conjunto de fatores inter-relacionados determina a qualidade da carne (SANTOS, 2016). Hoffman (1990) descreveu-a como a "soma de todos os fatores de qualidade em termos de propriedades sensoriais, nutritivas,

higiênicas/toxicológicas e tecnológicas”. O conjunto de propriedades associadas à percepção sensorial inclui: aparência, cor, sabor, textura, suculência (retenção de água) e odor. Os fatores nutritivos envolvem percentual de gordura, proteína e tecido conjuntivo; e as condições higiênicas e toxicológicas relacionam-se à ausência de patógenos, parasitas, agentes infecciosos e toxinas. Os parâmetros tecnológicos compreendem a capacidade de retenção de água, pH, temperatura, etc. (KERRY, 2002).

Na indústria frigorífica, a qualidade do produto relaciona-se principalmente às variáveis temperatura e pH (MESQUITA, 2014). O desenvolvimento de equipamentos tecnológicos é uma via facilitadora para assegurar esses aspectos, baseando-se no conhecimento da fisiologia e nos mecanismos de conversão da musculatura em carne (PEREIRA, 2004).

Nos últimos anos ocorreu um avanço nas indústrias de carnes quanto à adoção de tecnologias implementadas no processamento do produto, as quais agregam valor à carne bovina (EMBRAPA, 2017). Dentre as tecnologias desenvolvidas no abate de bovinos, a estimulação elétrica, que se traduz na passagem de uma corrente elétrica pela carcaça de animais recém-abatidos, tem sido um método válido para completar a sangria e acelerar mudanças bioquímicas no músculo e, assim, melhorar a qualidade da carne produzida no que se refere ao aspecto maciez (JUDGE *et al.*, 1989).

Na prática industrial, o estímulo acelera o processo de maturação, reduz a probabilidade dos efeitos do encurtamento pelo frio e o aparecimento de carne DFD (*Dark, Firm and Dry*), que é escura, firme e seca, ou PSE (*Pale, Softe and Exudative*), carne pálida, flácida e com baixa capacidade de retenção de água (POLIDORI, 2017). O equipamento utilizado nessa prática altera o processo de glicólise e proteólise no *post mortem*, promovendo a diminuição do tempo de instalação do *rigor mortis*, antes que a temperatura influencie o processo (PEREIRA, 2002).

Dessa forma, este trabalho, por meio da revisão da literatura científica a respeito do uso da tecnologia de estimulação elétrica nas indústrias de carne bovina, teve como objetivo relatar as evidências apontadas por pesquisas científicas sobre a contribuição do uso do estímulo elétrico na indústria de carne bovina como ferramenta para aprimorar a qualidade do produto final.

### 1.1. Histórico da utilização da estimulação elétrica na indústria de carnes

A primeira aplicação registrada foi em 1749 nos Estados Unidos, por Benjamin Franklin, que já era conhecido no campo científico pelos experimentos com a eletricidade. Nesse ano, o cientista relatou que a carne de peru era amaciada com aplicação de tensão elétrica (NOLLET, 2006). Depois desta descoberta, a aplicabilidade mais expressiva desse estímulo no processamento da carne, ocorreu em 1951, quando Harsham e Deatherage observaram que a passagem de corrente elétrica em carcaças de bovinos acelerava o processo da glicólise no tecido muscular (LAWRIE, 2005). Os pesquisadores registraram patentes do processo e equipamento, respectivamente, com a numeração U.S. No 2,544,681 e U.S. No 2,544,724 para o estímulo elétrico nas carcaças de bovinos, porém, em razão de medidas corporativas, as patentes não foram amplamente utilizadas (SAVELL, 1979).

Na década de 1970, a tecnologia foi revitalizada e começou a ser empregada comercialmente na Nova Zelândia, com intuito de impedir a dureza ocasionada durante o resfriamento, na carne de cordeiros destinada à exportação ao Reino Unido (LAWRIE, 2005). Em 1975, a Universidade do Texas começou a investigar o efeito da estimulação elétrica em carnes bovinas, avaliando a sua maciez, e quais eram os mecanismos envolvidos nesse atributo (SMITH, 1980). Após quatro anos de pesquisas, os resultados comprovaram a melhoria na maciez da carne e verificou-se nas amostras maior sabor, assim como cor mais clara e carga microbiana reduzida nas superfícies das carcaças, resultando em efeitos positivos como o aumento do prazo de validade (SEIDEMAN, 1981).

A tecnologia de estimulação elétrica recebeu atenção internacional por sua praticidade e eficácia, dessa forma, muitos estudiosos empenharam-se em pesquisá-la para aprimorar a maciez da carne e, assim, aplicações diferenciadas começaram a ser desenvolvidas (POLIDORI, 2017). Os protocolos foram consideravelmente melhorados durante as décadas seguintes e, na atualidade, é um sistema prático amplamente incorporado no processo de rotina de abate (PEREIRA, 2002). A técnica estabeleceu-se em muitos países com uma variedade de parâmetros, tais como: intensidade, duração, áreas de aplicação da

corrente elétrica etc (POLIDORI, 2017).

## 2. CONCEITO

A estimulação elétrica é um tratamento utilizado por indústrias com intuito de assegurar a qualidade de seu produto com melhorias das propriedades organolépticas, por meio da interferência nos processos da glicólise e proteólise muscular (ROLDAN-SANTIAGO, 2013).

## 3. ATUAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA BIOQUÍMICA MUSCULAR

A estimulação elétrica acelera a glicólise e, portanto, previne o encurtamento pelo frio, reduzindo a concentração de adenosina trifosfato (ATP) durante o desenvolvimento do *rigor mortis*. Assim como, contribui com a atividade de enzimas proteolíticas e na intensidade de decaimento do pH (POLLARD *et al.*, 2002).

### 3.1. *Cold Shortening* (Encurtamento pelo frio)

Nos últimos anos, a indústria concentrou seus esforços em técnicas que evitem o encurtamento pelo frio, e o conseqüente endurecimento dos músculos, tornando a carne menos macia (SOFOS, 2005). Segundo a mesma referência, se os músculos são expostos a uma temperatura abaixo de 15 a 16 °C enquanto as carcaças ainda estão no estágio de enrijecimento, *rigor mortis*, há um risco de encurtamento muscular e, portanto, maior dureza para a carne. Um dos benefícios da estimulação elétrica é a prevenção desse encurtamento que pode ocorrer quando as carcaças são submetidas ao frio ainda quentes, com o intuito de acelerar a produção industrial e impedir a contaminação microbiana (LAWRIE, 2006).

A estimulação antecipa o início da instalação do *rigor mortis*, acelerando a glicólise, reação bioquímica que atua na via citoplasmática do tecido muscular decompondo a glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) para formação de energia (PEREIRA, 2004). A aplicabilidade da estimulação irá esgotar as reservas de energia contidas no músculo antes da refrigeração, de tal modo que este não tenha mais energia suficiente para contrair (SOFOS, 2005). O processo descrito acontece por meio da

conversão acelerada de adenosina trifosfato (ATP) a adenosina monofosfato (AMP) (SAVELL *et al.*, 2005).

A transformação molecular evita a diminuição da fibra muscular, porque a AMP não tem energia suficiente para a formação do complexo actomiosina (pontes cruzadas entre os filamentos de actina e miosina) que acarreta o encurtamento do sarcômero (SAVELL *et al.*, 2005). As carnes mais macias estão associadas a maiores comprimentos do sarcômero (WHEELER, 2000), unidade estrutural e funcional da miofibrila (CORVA, 2004) que permite a extensibilidade muscular (LAWRIE, 2006; SOFOS, 2005). Com a estimulação elétrica, os sinais que caracterizam o *rigor mortis* foram observados anteriormente, diminuindo assim o tempo de exposição a possíveis encurtamentos de sarcômeros (SOFOS, 2005).

O encurtamento pelo frio (*cold shortening*) ocorre *a priori* na climatização entre 14 °C e 0 °C é um dos fatores responsáveis pela dureza na carne. Esse processo se desenvolve, principalmente, em carnes que são resfriadas rapidamente, e é ocasionada devido à maior contração das fibras musculares nestas condições. Dessa forma, o comprimento da fibra diminui e o diâmetro desta aumenta, o que torna a carne mais dura (CARDOSO, 2005). A fibra muscular pode aumentar em duas vezes o seu diâmetro, e seu comprimento diminuir na razão de 3µm para 1,3µm (CARDOSO, 2005 *apud* HERRING, 1967). As peças de carne que são expostas a esse encurtamento podem ser três vezes mais duras que o normal (CARDOSO *apud* LOCKER, 1985).

A estimulação elétrica acelera o curso dos estágios iniciais, possibilitando o processamento intensivo de refrigeração de carne fresca após o início do *rigor mortis*, o que evita a ocorrência de contração indesejável das fibras musculares (SOFOS, 2005).

### 3.2. Sistema das calpaínas

A qualidade da carne durante o processamento de conversão do músculo e o seu armazenamento depende, em grande parte, da atividade das enzimas proteolíticas que estão presentes no músculo esquelético (SOFOS, 2005). Goll (1991) afirmou que o sistema das calpaínas é o principal fator enzimático responsável pelo processo de maturação da carne (2 °C), pois atua na degradação miofibrilar. As calpaínas, que originalmente eram conhecidas por CAF (enzimas

fatoradas pelo cálcio), são resumidas em duas enzimas principais:  $\mu$ -calpaína e m-calpaína (CUCK, 2006 *apud* ROÇA, 2000). A ativação das calpaínas ocorre com a presença de cálcio no citoplasma. O íon opera como substrato para a fragmentação das proteínas, enfraquecendo, assim, a matriz miofibrilar, o que promove a maciez (KIM *et al.*, 2014).

A corrente elétrica, introduzida na estimulação promove a liberação acentuada do cálcio armazenado no retículo sarcoplasmático, desencadeando uma intensa proteólise das miofibrilas no *post-mortem* (LAWRIE, 2006). Uma evidência direta mais recente sobre a importância das calpaínas no amaciamento da carne foi demonstrado por Polidori (2000) quando emergiu carcaças inteiras em cloreto de cálcio. A infusão de carcaças inteiras de cordeiro em cloreto de cálcio imediatamente após o abate acelerou consideravelmente o processo de amaciamento *post mortem* (POLIDORI *et al.*, 2017), assim como foi demonstrado por Koohmaraic (1990) com aplicações de injeções de cloreto de cálcio no músculo *longissimus* de bovinos (HOCQUETTE, 1998 *apud* KOOHMARAIC, 1990).

O outro benefício adquirido com a estimulação elétrica relaciona-se com a ação sobre as inibidoras específicas das calpaínas, as calpastatinas. A relação calpastatina/calpaína é um fator importante para avaliar a maciez da carne (Roça, 2000). Carvalho (2006a), citando Geesink (2001) relatou que a estimulação elétrica produz baixa atividade da calpastatina, favorecendo assim, ainda mais a proteólise.

Os resultados destes estudos indicam que o tempo de envelhecimento *post-mortem* (maturação), pode ser substancialmente reduzido com a estimulação elétrica, garantindo assim possíveis economias no estoque, energia e espaço necessário para a maturação da carne (CARVALHO, 2006b).

Os zebuínos, teoricamente, apresentam uma relação maior de calpastatina do que os taurinos, explicando, assim, o menor teor de maciez de suas carnes (CUCKI, 2006 *apud* KUBOTA, 1993). A presença dos zebuínos no rebanho brasileiro tem ampla predominância, atualmente, são cerca de 80% com esta origem (Esalq/USP, 2018); o que corrobora a avaliação de que as carnes produzidas no Brasil são menos macias (CLIMACO *et al.*, 2011). Assim, a adição da estimulação elétrica no tratamento de carcaças é uma alternativa para melhorar essa atribuição genética.

### 3.3. pH das carnes

O emprego da estimulação elétrica nas principais indústrias de carnes relaciona-se também ao efeito ocasionado pela diminuição do pH (PUGA *et al.*, 1999), que constitui uma medida para determinar a acidez do músculo/carne. O meio ácido é formado a partir da degradação da glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ), sendo esta quebrada em duas de piruvato ( $C_3H_4O_3$ ) em um conjunto de dez reações. No momento do abate, a circulação sanguínea é interrompida e, em um ambiente sem oxigênio, a molécula de piruvato ( $C_3H_4O_3$ ) segue a via para formação do lactato ( $C_3H_6O_3$ ) e posteriormente, ácido láctico (LARRY, 2015).

Em um músculo vivo normal, o pH está próximo à neutralidade, aproximadamente 7,2. Já o pH da carne pode variar de 5,2 a 7,0. Os produtos de mais alta qualidade tendem a estabilizar na faixa de pH de 5,7 (WEGLARZ, 2010). Para o MLA, *Meat and Livestock Australia*, o pH aceitável de uma carcaça é inferior a 5,71 (MLA, 2011).

O músculo padrão para medição do pH nas carcaças dos bovinos é o *Longissimus dorsi* na altura entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela (VAZ, 2002). Esse músculo é sensível às alterações de pH, tornando possível detectar quase todos os animais que possam desenvolver carnes DFD e PSE (OSÓRIO, 1998). A taxa de queda do pH depende da taxa de contração das miofibras. Como consequência, varia de um músculo para o outro. Esta relação está ligada às diferentes funções que os músculos têm no animal, como a composição das fibras. Os músculos constituídos com mais fibras vermelhas (de contração lenta) exibem um pH mais alto do que aqueles com maior quantia de fibras brancas (contração rápida) (AMSA, 2001).

O pH final é determinado pela extensão do declínio deste após 24 horas do abate, afetando as características determinantes na qualidade da carne, como cor, suculência, maciez e sabor (FELICIO, 1997). As carcaças estimuladas eletricamente apresentam uma maior velocidade de queda de pH (LEWRIE, 2006).

A carne com pH elevado tem sua capacidade de retenção de água aumentada, o que compromete a validade do produto, pois as bactérias crescem mais rapidamente em um ambiente com maior umidade; e resulta em um produto com cor mais escura e menor maciez (MLA, 2011).

Fatores que desencadeiam a aparência das carnes de alto pH estão relacionados com as chamadas precondições de abate, ou seja, os eventos que ocorreram desde o carregamento dos animais na fazenda até o abatedouro (MELO, 2016). O acúmulo de distúrbios pelo animal neste período é diretamente responsável pela diminuição da quantidade de glicogênio muscular, sem que haja tempo suficiente para a reposição, portanto, resulta em carne com pH alto (FORREST *et al.*, 1979). Ainda, segundo o mesmo autor, em certas condições, é possível restaurar as reservas de glicogênio do animal antes da morte. O fornecimento de soro de leite pode restaurá-lo algumas horas após o estresse. No entanto, a prática é raramente usada devido ao alto custo e ao tempo necessário para se realizar o procedimento (SEIDEMAN, 1981). Dessa forma, a estimulação elétrica mostra-se como uma alternativa viável em relação ao controle do pH.

Cardoso (2005) relatou que os músculos submetidos à estimulação elétrica apresentam valores de pH menores nas primeiras medições, o pH dos músculos estimulados (EE) foi menor em relação aos não estimulados (NE) e, após 7 e 14 dias de maturação não foram observadas diferenças entre as médias de pH entre os músculos analisados, o que era esperado. Infere-se, a partir dos resultados obtidos, que o pH decresce mais rápido com o uso da estimulação elétrica, e esta redução acelerada é um dos controles do *rigor mortis*, o que favorece a maciez da carne (RODRIGUES, 2016).

O valor do pH é uma das referências para a habilitação da carne a ser exportada a diversos países, pois é um importante parâmetro de qualidade. No comércio com o Chile, por exemplo, o Serviço Agrícola e Pecuário Chileno (SAG) estipula um valor limite ao pH para importação de carnes resfriadas e congeladas. O embarque da carne bovina é permitido somente com pH igual ou menor que 5,8 no músculo *Longissimus dorsi*, medido na carcaça antes do fracionamento das peças no final do período da maturação (SENASA, 2002).

O Brasil já se consolidou como o maior exportador de carne bovina, mas ainda não comercializa com os melhores mercados, aqueles que pagam mais (PEREIRA, 2018). Por oferecerem melhor remuneração, são mercados mais exigentes, e uma das formas de assegurar a credibilidade da carne brasileira é apresentar um baixo pH. Em vista disso, a estimulação elétrica é um importante mecanismo que pode contribuir com este valor (EMBRAPA, 2017).

## 4. INFLUÊNCIA DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA QUALIDADE DA CARNE

### 4.1. Maciez

A maciez da carne relaciona-se com o tecido conjuntivo e as miofibrilas, sendo o primeiro relativamente estável no *post mortem*, já as outras estão expostas a numerosas modificações (JENSEN, 2004).

A estimulação elétrica tem sido utilizada com sucesso para melhorar a maciez, pois atua nas propriedades das miofibrilas; como citado anteriormente, com redução do tempo necessário para maturação, na prevenção do encurtamento pelo frio e a ampla atividade de proteólise nas fibras musculares (KIM, 2014). A aplicação tem apresentado como um mecanismo comercialmente favorável para melhorar a maciez da carne bovina, teoricamente, os valores de força de cisalhamento são diminuídos em 15-30%. A carne eletricamente estimulada tem sido classificada em 10-50% mais macia do que a carne não estimulada (HUI, 2001).

A maciez é quantificada usando painéis de consumidores ou medições objetivas, como a força de cisalhamento Warner-Bratzler (BORGES *et al.*, 2006).

### 4.2. Cor

A cor da carne é a característica visível mais usada pelos consumidores para avaliar a qualidade e este atributo pode variar consideravelmente (ABERLE *et al.*, 2012). Esta modificação ocorre pela concentração de mioglobina e, também, por outros fatores biológicos, como taxa de declínio do pH; logo, a cor pode ser afetada pela estimulação elétrica (NICHOLS *et al.*, 1980). A mioglobina é o pigmento primário da carne e com o oxigênio pode ser convertida em dois pigmentos diferentes, metamioglobina (mioglobina oxidada, desoxigenada) e oximioglobina (mioglobina oxigenada) (ABERLE *et al.*, 2012). Tang e Henrickson (1980) examinaram o teor de oximioglobina em carcaças e concluíram que aquelas que recebiam a estimulação elétrica apresentavam maiores níveis do pigmento, sendo este o pigmento responsável pela coloração vermelho brilhante na carne. A estimulação elétrica concede uma maior taxa de penetração de oxigênio, dado que

as fibras musculares são enfraquecidas com o tratamento elétrico, o que permite maior penetração de oxigênio (TARSITANO, 2012).

Cardoso (2005) relatou que os músculos submetidos à estimulação elétrica são significativamente mais claros. O benefício na cor como resultado da estimulação elétrica tem sido um achado quase universal; em média, a cor melhora 10-25% (SMITH, 1985). A carne mais clara é mais aceitável pelos consumidores (YANAR e YETIM, 2003).

#### 4.3. Qualidade microbiológica

Mrigadat (1980), visando demonstrar os efeitos microbiológicos do estímulo elétrico, realizou culturas de *Pseudomonas* e de *Lactobacillus* após a sangria em músculos de coelhos. No referido estudo, as amostras coletadas imediatamente após a estimulação elétrica apresentavam uma contagem um pouco menor do que as não estimuladas; e, nas amostras retiradas 45 minutos após a estimulação, as diferenças foram expressivas em favor da estimulação elétrica. Mrigadat (1980) concluiu que as carcaças estimuladas eletricamente apresentavam uma diminuição significativa nas contagens dos microrganismos. O mesmo autor também trabalhou com amostras de bovino abatido, estimulando um dos lados das carcaças após serem divididas e, a outra metade correspondente, deixada sem estimulação como controle. Mrigadat (1980) relatou que o crescimento bacteriano nos tecidos foi numericamente inferior após 3 dias de armazenamento nas amostras estimuladas, do que as não estimuladas, e em relação às não estimuladas, foram ainda menores após 6 dias. Raccach e Henrickson (1978) também relataram que a estimulação elétrica retarda o crescimento bacteriano (GUTIÉRREZ, 1985).

Guerrero (2004) apontou que ocorre o menor crescimento bacteriano na carne com estimulação elétrica, devido ao fato da alta concentração de ácido láctico, que resulta em uma rápida diminuição do pH, sendo um ambiente desfavorável para o desenvolvimento de microrganismos.

Em um experimento com bactérias encontradas na carne, *E. coli*, *Shewanella putrefaciens* e *Pseudomonas fragi*, Jay (2006) expôs estas bactérias à estimulação elétrica e descobriu que as bactérias Gram-positivas eram as mais sensíveis à estimulação elétrica, seguidas por Gram negativos e esporos.

Embora haja divergências com outras pesquisas que afirmam não ocorrer benefícios microbiológicos com a estimulação elétrica, esta técnica é provavelmente uma das formas de melhorar as condições higiênicas da carne (GUTIÉRREZ, 1985).

## 5. APLICAÇÃO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA – PARÂMETROS

As técnicas de estimulação elétrica são inúmeras, porém, buscam essencialmente o mesmo propósito (CARDOSO, 2005). A utilizada na indústria da carne, descrita na literatura científica, diferencia-se pela: tensão, corrente elétrica, local da aplicação, duração e momento da estimulação após a sangria (LAWRIE, 2006). A variabilidade nos fatores citados é responsável por divergências nos relatos sobre a eficácia da estimulação elétrica (ADEYEMI, 2014).

### 5.1. Tensão elétrica

Atualmente os intervalos de aplicação de voltagens variam entre 30 e 3000V (CARDOSO, 2005). As voltagens podem ser classificadas em baixas e altas, sendo as baixas (<100V) consideradas mais seguras nas operações, porém, são consideradas menos eficientes em relação às características de qualidade na carne. A estimulação de baixa voltagem opera estimulando o sistema nervoso, por meio deste ocorrerá a contração muscular (HUI, 2001 *apud* CHRYSTALL e DEVINE, 1983). Desse modo, a operação deve ser realizada nos primeiros minutos pois o sistema nervoso deixa de funcionar com, em média, 5 minutos *post mortem* (HUI, 2001).

As altas voltagens correspondem o intervalo de 500 e 1000V (LAWRIE *apud* BOUTON *et al.*, 1980; BENDALL, 1980) e atuam diretamente nos músculos para induzir a contração, sendo aplicadas com 30 a 60 minutos após o abate (HUI, 2001).

Contudo, Hwang e Thompson (2001), registraram que, independentemente do tipo de voltagem, a estimulação elétrica não deve ocorrer logo após à sangria. Estes autores observaram que as carcaças estimuladas 3 minutos após a sangria tiveram o efeito amaciador relativamente menor do que

quando aplicado cerca de 40 minutos do *post mortem*. Os autores atribuíram isso à redução da atividade das calpaínas imediatamente após o abate.

As baixas voltagens apresentam menores custos e são de menores riscos aos colaboradores (ADEYEMI, 2014). Porém, segundo o mesmo autor, é muito trabalhoso, pois o eletrodo precisa ser aplicado manualmente, o que inviabiliza o rápido fluxo de abates. Além disso, Bendall (1980) relatou a menor consistência dos efeitos com a baixa voltagem. Aalhus (1994) estudando a eficácia da estimulação com as diferentes tensões, descreveu que a taxa de declínio de pH era mais acentuada em carcaças de alta voltagem. Entretanto, os efeitos nas características de qualidade de carne eram semelhantes, como o comprimento dos sarcômeros. Um benefício da alta tensão diz respeito ao tempo de aplicação, são eficazes quando aplicadas por 1,5 a 2 minutos, enquanto tempos mais longos são necessários as tensões na ordem de 100V (LEWRIE, 2005).

## 5.2. Corrente

O fluxo de corrente é determinado pela tensão aplicada e, também, pelas características da carcaça, como cobertura de pele, tamanho do animal, marmoreio (isolamento potencial) e área de contato dos eletrodos (JENSEN, 2004).

O intervalo da frequência aplicada é de 0,5 Hz a 60 Hz com melhores resultados na faixa entre 15 - 25 Hz, ainda, as frequências mais altas tendem a ser relativamente ineficazes, dado que estão dentro do período de latência dos músculos envolvidos (HUI, 2001). Em relação a largura do pulso, o ideal está na faixa de 20 – 40 ms (milésimos por segundo), larguras mais curtas podem não ativar todas as fibras musculares (LAWRIE, 2005). A corrente deve ser pulsada porque os músculos são estimulados por uma rápida mudança no potencial elétrico, em vez de um fluxo de corrente em voltagem constante (DEATHERAGE, 1980). Bendall *et al.* (1976) relatou que o número de pulsos era o fator mais importante, o que realmente acelerava o *rigor mortis*.

## 5.3. Local da aplicação na carcaça

Bendall (1980) investigou os diferentes parâmetros elétricos em seus estudos e verificou que a região predominante da aplicação dessa corrente é a região torácica da carcaça, tendo o tendão de Aquiles como fio terra (LAWRIE,

2006). Tradicionalmente, a estimulação de alta voltagem é aplicada em um túnel de estimulação através de barras de atrito, ao nível da paleta, com as carcaças suspensas pelo membro pélvico no trilho (BEKHIT, 2017). Devido ao perigo desencadeado por altas tensões, toda a instalação deve ser isolada, com sistemas projetados para impedir o acesso às carcaças eletricamente ativas, sensores fotoelétricos são usados para desconectar o eletrodo se pessoas forem detectados dentro do túnel (HUI, 2001). Já as baixas voltagens recebem a corrente elétrica por meio de eletrodos introduzidos nas narinas anteriormente a esfola (JONES, 2017).

#### 5.4. Custos

Os parâmetros da estimulação podem variar bastante sem uma redução significativa na eficácia. A escolha de qual tipo de estimulação dependerá da planta de abate, tanto por considerações práticas como espaço físico, como pelo recurso disponível para a técnica (HUI, 2001).

A instalação típica de alta tensão custa cerca de 20 vezes o preço de uma instalação com baixa tensão (HUI, 2001). Batista (2018) abordou os custos a um abatedouro de bovinos na implantação da técnica, sendo que a faixa de preço para aquisição do aparelho variou de US\$1.164,00 a US\$2.780,00.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estimulação elétrica envolve a passagem de uma corrente elétrica pela musculatura da carcaça, e esta tecnologia é utilizada para acelerar à glicólise *post mortem*, de modo que evitasse o excessivo encurtamento muscular da carcaça quando exposta ao frio e ainda, é um mecanismo que oferece benefícios em importantes propriedades da carne.

As contrações musculares, que ocorrem com a passagem da corrente, aceleram o metabolismo energético com o consumo de glicogênio, produzindo ácido láctico e alcançando um menor pH mais rapidamente, o que irá beneficiar a maciez da carne. Na atividade comercial, um dos entraves identificados dentro da cadeia de carne, o qual compromete a qualidade, é o alto pH, que pode ser

contornado com a aplicação da estimulação elétrica e, conseqüentemente, coopera com o melhoramento da qualidade da carne bovina.

As principais questões atuais são, portanto, como definir e aumentar a qualidade da carne para satisfazer as exigências dos consumidores, mantendo sistemas de produção eficientes. Esta é a razão pela qual a estimulação elétrica se torna uma ferramenta de apoio importante à indústria de carne. O uso da tecnologia poderá contribuir com a diminuição da depreciação da mercadoria atuando como uma ferramenta útil para o acesso a melhores mercados .

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA – Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. **Balanco do setor de alimentos**. Disponível em: <[https://www.abia.org.br/vsn/tmp\\_2.aspx?id=393](https://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=393)>. Acesso em: 11 maio 2019.

ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; MILLS, E. W. **Principles of meat science**. 5 ed. Kendall Hunt Publishing, 2012.

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Perfil da pecuária no Brasil** – relatório anual, 2019. Disponível em: <<http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

ADEYEMI, K. D.; SAZILI, A. Q. **Efficacy of carcass electrical stimulation in meat quality enhancement: a review**. Asian-Australas J Anim Sci., 2014, mar; p. 447– 456.

ALVES, C. C. **Mercado de carne bovina: o que o Brasil precisa para ser ainda mais competitivo?** Disponível em: <<https://canalrural.uol.com.br/programas/informacao/rural-noticias/mercado-de-carne-bovina-o-que-o-brasil-precisa-para-ser-ainda-mais-competitivo/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Handbook Meat Evaluation**, 2001. 161p.

BATISTA, G. M. Avaliação de custo do equipamento de estimulação elétrica no abate de bovinos. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10437>>. Acesso em: 27 maio 2019.

BEKHIT, Alaa El-Din A. **Advances in meat processing technology, 2017**. Capítulo 5, p. 121 a 168.

BORGES, A. S.; FUENTES, J. F.; ZAPATA, D. S. **Medições instrumentais e sensoriais de dureza e suculência na carne caprina**. Ciênc. Tecnol. Aliment.: Campinas, p. 891-896, 2006.

CARDOSO, S.C. **Estimulação elétrica, tipo de desossa e taxas de resfriamento da carne bovina** (MM. *Longissimus lumborum* e *Semitendinosus*): efeitos em características físicas, físico-químicas, sensoriais e bacteriológicas, 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8418/000575648.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

CARVALHO, S. R. S.T. **Avaliação da estimulação elétrica nos parâmetros qualitativos de carcaças bovinas**. 2006a. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104105/carvalho\\_srst\\_dr\\_botfmvz.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104105/carvalho_srst_dr_botfmvz.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 7 jun. 2019.

CARVALHO, S. R. S.T.; MANÇO, M. C. W. **Métodos de Avaliação da Qualidade de Carnes**. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2006b. Disponível em: <<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/roca306.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB Agro CEPEA-USP/CNA**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CLIMACO, S. M.; RIBEIRO, E. L. A. R.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F. **Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento**. R. Bras. Zootec., v.40, n.12, p. 2791-2798, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n12/25.pdf>>. Acesso em: 1ª jun. 2019.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Investimentos em indústria 4.0**. Brasília, 2018. Disponível em: <[https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer\\_public/8b/0f/8b0f.5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos\\_em\\_industria\\_40\\_junho2018.pdf](https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8b/0f/8b0f.5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf)>. Acesso em: 11 maio 2019.

PEREIRA, Thiago. **'Produção de carne: focar no mercado interno ou externo?'** Compre Rural, 2018. Disponível em: <<https://www.comprerural.com/producao-de-carne-focar-no-mercado-interno-ou-externo/>>. Acesso em: 11 jun. 2019.

CUCKI, T. O. **A eficiência do sistema super precoce com bovinos de diferentes proporções do genótipo *Bos indicus***, 2006. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor). Botucatu, São Paulo.

EIKELENBOOM, G.; SMULDERS, F. J. M.; RUDÉRUS, H. **The effect of high and low voltage electrical stimulation on beef quality**. MeatSci, p. 247-254.

EMBRAPA. **A Embrapa gado de corte e a produção de carne de qualidade**, 2000. Disponível em: <<http://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD36.html>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

EMBRAPA. **Evolução e qualidade da pecuária brasileira**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/21470602/EvolucaoQualidadePecuaria.pdf/64e8985a-5c7c-b83e-ba2d-168ffaa762ad>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

ESALQ/USP. **Conheça as raças bovinas mais populares que formam o rebanho brasileiro**, 2018. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/cprural/noticias/mostra/5356/conheca-as-racas-bovinas-mais-populares-que-formam-o-rebanho-brasileiro.html>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

FAO. **The state of food security and nutrition in the world**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I9553EN/I9553en.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

FORREST, J.C.; et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, p. 364, 1979.

GARIÉPY, C. et al. **Electrical Stimulation and 48 hours aging of bull and steer carcasses**. FoodSci., v.57, n.3, p. 541-544, 1992.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. Viçosa: Editora UFV, 2014.

HOCQUETTE J.F. et al. **Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals**, Livest. Prod.Sci, p. 115-143, 1998.

HUI, Y. H.; Wai-Kit NIP, W.; ROGERS, Robert. **Meat science and applications**. EUA: Editora CRC Press, p. 329 a 347, 2001.

HWANG IH, THOMPSON J. The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef *longissimus dorsi* muscle. **Meat Sci**, p. 135-144, 2001.

JAY, J. M., MARTIN J.; LOESSNER, David A. **Golden modern food microbiology**, seventh edition. BERLIM: Springer Science e Business Media, 2006.

JENSEN, W. K.; DEVINE, C. DIKEMAN, M. **Encyclopedia Meat Sciences**, 2004.

JUDGE, M. et al. **Principles of meat science**. Dubuque: Kendall/Hunt, p. 351, 1989.

KERRY, J.; KERRY J.; LEDWARD, David. **Meat processing – improving quality**. A volume in Woodhead Publishing series in food Science, Technology and Nutrition, 2002.

KIM, Y. H.; ROBYN D. ROSENVOLD, W. K. **Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review**. Animal Production Science, 2014. Disponível em: <<https://www.publish.csiro.au/an/Fulltext/an13329#R9>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. **Encyclopedia Meat Sciences**, 2004.

JONES, S. M. **Quality and grading of carcasses of meat animals**, p. 59-64, 1985.

LAWRIE, R. A. **Lawrie's meat science**. 7.ed. Cambridge: CRC Press LLC, p. 194-200, 2006.

HERTOG-MEISCHKE, M.J.A.; VAN LAACK, R.J.L.M.; SMULDERS, F.J.M. **The water-holding capacity of fresh meat**. Disponível em: <10.1080/01652176.1997.9694767>. Acesso em: 11 jun. 2019.

MELO, A. F. et al. **Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina: revisão**. PUBVET v.10, n.10, p.785-794, 2016. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/uploads/34faf0194c8d64cb5ea9b8103824ed77.pdf>>. Acesso em; 22 maio 2019.

MESQUITA, M. O. **Procedimentos para avaliação da qualidade da carne bovina in natura na recepção em serviços de alimentação**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de ciências rurais. Programa de pós-graduação em ciência e tecnologia dos alimentos. Santa Maria, RS, Brasil, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3392/MESQUITA%2C%20MARIZETE%20OLIVEIRA%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 maio 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Agropecuária brasileira em números**, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Projeções do agronegócio Brasil 2017/18 a 2027/28**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/PROJECOES2018\\_FINALIZADA\\_web\\_05092018.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/PROJECOES2018_FINALIZADA_web_05092018.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2019.

MLA – Meat and Livestock Australia. **The effect of pH on beef eating quality**, 2011. Disponível em: <[https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/effect-of-ph-on-beef-eating-quality\\_sep11.pdf](https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/effect-of-ph-on-beef-eating-quality_sep11.pdf)>. Acesso em: 11 maio 2019.

MLA – MEAT AND LIVESTOCK AUSTRALIA. **Markey supplier snapshot – beef Brazil**, 2017. Disponível em: <<https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/prices--markets/documents/o>

s-markets/red-meat-market-snapshots/mla-ms\_brazil\_-snapshot-2017.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2019.

MRIGADAT, B.; SMITH, G.C.; DUTSON, T.R. **Bacteriology of electrically stimulated and unstimulated rabbit, pork, lamb and beef carcasses**. Journal of Food Protection, v.43, p. 686-693, 1980. Disponível em: <<https://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-43.9.686>>. Acesso em: 3 maio 2019.

NICHOLS, J. E. e H. R. Cross. **Effects of electrical stimulation and early post mortem muscle excision on pH decline, sarcomere length and color in beef muscles**. Journal of Food Protection, V. 43, nº. 7, p. 514-519, 1980. Disponível em: <<https://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-43.7.514>>. Acesso em: 23 maio 2019.

OSÓRIO, J. C. S; et al. **Produção de carne ovina, alternativa para o Rio Grande do Sul**. Editora da Universidade Federal de Pelotas: Pelotas, p. 166, 1998.

PEREIRA, Angélica S. C. **A utilização de estimulação elétrica na melhoria da qualidade da carne bovina**. BeefPoint, 2002. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/a-utilizacao-de-estimulacao-eletrica-na-melhoria-da-qualidade-da-carne-bovina-5004/>>. Acesso em: 14 maio 2019.

PEREIRA, A. S. C.; LUCHIARI FILHO, A. **Maturação e Qualidade da Carne**. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/maturacao-e-qualidade-da-carne-18068/>>. Acesso em: 14 maio 2019.

PEREIRA, A. S. C. **A utilização de estimulação elétrica na melhoria da qualidade da carne bovina**. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/a-utilizacao-de-estimulacao-eletrica-na-melhoria-da-qualidade-da-carne-bovina-5004/>>. Acesso em: 19 maio 2019.

POLIDORI, P.; VINCENZETTI, S. **The use of electrical stimulation in meat production**, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/318215482\\_THE\\_USE\\_OF\\_ELECTRICAL\\_STIMULATION\\_IN\\_MEAT\\_PRODUCTION](https://www.researchgate.net/publication/318215482_THE_USE_OF_ELECTRICAL_STIMULATION_IN_MEAT_PRODUCTION)>. Acesso em: 21 maio 2019.

PUGA, D.M.U.; CONTRERAS, C.J.C.; TURNBULL, M.R. **Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (tríceps brachii) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.19, n.1, p. 88 - 96, 1999.

RAMOS, R. A. **Influencia da velocidade de decaimento do pH *post mortem*, manejo pré-abate, estimulação elétrica, resfriamento e maturação sobre a maciez da carne bovina**. 2012. Monografia (Centro Universitário do Instituto Mauá em Tecnologia). São Caetano do Sul. Disponível em: <<https://maua.br/files/monografias/influencia-da-velocidade-de-decaimento-do-ph-post-mortem.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Disponível em: <<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca107.pdf>>. Acesso em: 9 jun .2019.

ROLDAN-SANTIAGO, P.; MOTA-ROJAS, D.; GUERRERO-LEGARRETA, I. **Electrical stimulation in meat processing**, Capítulo 17.

RODRIGUES, T. P.; SILVA, T J. P. **Caracterização do processo de *rigor mortis* e qualidade da carne de animais abatidos no Brasil**. Arquivos de Pesquisa Animal, v.1, n.1, p.1 - 20, 2016.

SANTOS, D. M. **Fatores que influenciam a qualidade da carne bovina**. Universidade Federal de Lavras, 2016. Disponível em:<<https://3rlab.wordpress.com/2016/08/24/fatores-que-influenciam-a-qualidade-da-carne-bovina/>>. Acesso em: 14 maio 2019.

SAVELL, J. W. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, Volume 32, 1979. Disponível em: <[https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1979/update---industry-acceptance-of-electrical-stimulation.pdf?sfvrsn=9703bbb3\\_2](https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1979/update---industry-acceptance-of-electrical-stimulation.pdf?sfvrsn=9703bbb3_2)>. Acesso em: 18 maio 2019.

SAVELL. J, Mueller S, Baird B. **O resfriamento das carcaças**. Meat Science, p. 449 - 459. 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030917400500046X>>. Acesso em: 4 jun. 2019.

SEIDEMAN, S. C.; Cross, H. R. **Utilization of electrical stimulation to improve meat quality: a review**. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service, 1981. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1745-4557.1982.tb00748.x>>. Acesso em: 22 maio 2019.

SEMAR. **PECUÁRIA DE PRECISÃO É OPÇÃO PARA PRODUTOR SE AJUSTAR AO MERCADO**, 2016. Disponível em: <<http://www.senar.org.br/agricultura-precisao/tag/pecuaria-de-precisao/>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

SENASA. **Fija exigencias sanitarias para la internacion de carnes de bovino – resolución 833/2002**. Disponível em: <[http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL\\_SENASA/ANIMAL/ABEJAS/INDUSTRIA/ESTABL\\_IND/REGISTROS/exenta\\_no\\_833-02\\_modificada\\_chile.pdf](http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/ANIMAL/ABEJAS/INDUSTRIA/ESTABL_IND/REGISTROS/exenta_no_833-02_modificada_chile.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SMITH, G. C., SAVELL, J. W., DUTSON, T. R., HOSTETLER, R. L., TER-RELL, R. N., MURPHEY, C. E. and CARPENTER, Z. L. 1980. **Effects of electrical stimulation on beef, pork, lamb and goat meat**. European Meats Res. Workers Mtg., Colo Springs.

SMITH, G. C. 1985. **Effects of electrical stimulation on meat quality, color, grade, heat ring, and palatability**. Capítulo 4.

Sociedade Nacional de Agricultura. **Brasil destina 80% da carne produzida ao mercado interno**, 2016. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/brasil-destina-80-da-carne-produzida-ao-mercado-interno/>>. Acesso em: 26 abr.2019.

SOFOS, John N. **Improving the safety of fresh meat**, 2005, p. 36-381.

TARSITANO, M. A. **Cor do músculo semitendinosus de carcaças bovinas submetidas à estimulação elétrica**. Disponível em: <<http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/ZOOTEC%202012/ZOOTEC%202012%20Cor%20do%20musculo%20semitendinosus%20de%20carcacas%20bovinas%20submetidas%20a%20estimulacao%20eletrica.pdf>>. Acesso em: 9 jun 2019.

TANG, B. H. **Effect of post mortem electrical**, v.47, p.1011 - 1013, 1980

TAYLOR, R. G.; GEESINK, G. H.; THOMPSON, V. F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D. E. **Is Z-disk degradation responsible for post mortem tenderization?** Journal of Animal Science, v. 73, p. 1351 - 1367, 1995.

USDA U.S. Department of Agriculture. **Agricultural projections to 2027**, 2018. Disponível em: <[https://www.usda.gov/oce/commodity/projections/USDA\\_Agricultural\\_Projections\\_to\\_2027.pdf](https://www.usda.gov/oce/commodity/projections/USDA_Agricultural_Projections_to_2027.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2019.

USDA U.S. Department of Agriculture. **United States Standards for Grades of Carcass Beef**, 2017. Disponível em: <<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/CarcassBeefStandard.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2019.

VAZ, F. N. et al. **Características de carcaça e da carne de novilhos super precoces de três grupos genéticos**. R. Bras. Zootec., v.31, n.5, p.1973 - 1982, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n5/a13v31n5.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2019.

WEGLARZ, A. **Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season**, 2010. Disponível em: <<https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/32249.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2019.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D. KOOHMARAIE, M. **Variation in proteolysis, sarcomere**

**length, collagen content, and tenderness among major pork muscles.** J. Anim.Sci. v.78, p.958 - 965, 2000.

YANAR, M.; YETIM H. The effects of electrical stimulation on the sensory and textural quality properties of mutton carcasses, 2003. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, 27: 433-438