



## OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MATURAÇÃO A SECO PELO USO DE CARNES ORIUNDAS DE CARÇAÇAS ESTIMULADAS ELETRICAMENTE

**Palavras-Chave:** carne, estimulação elétrica, qualidade.

**Autores(as):**

**Victor Luiz Uema Hirata, FEA – UNICAMP**

**Jonatã Henrique Rezende-de-Souza (coorientador), FEA – UNICAMP**

**Ivan Vicente Sebastião Junior, FEA – UNICAMP**

**Dyana Carla Lima, FEA – UNICAMP**

**Isabela Benfica de Barros, FEA – UNICAMP**

**Prof. Dr. Sérgio Bertelli Pflanzler Júnior (orientador), FEA – UNICAMP**

---

### INTRODUÇÃO:

O Brasil é um importante produtor e exportador mundial de carne bovina, com o segundo maior rebanho do mundo e destaque econômico na cadeia produtiva, com 6,96 milhões de cabeças de bovinos abatidas no primeiro semestre de 2022 (IBGE, 2022). O rebanho bovino brasileiro é composto por cerca de 80% de raças zebuínas (*Bos indicus*) (Ferraz & Felício, 2010) e tem como característica ser uma carne tradicionalmente menos macia comparado aos animais taurinos (*Bos taurus*).

A fim de atender a busca de consumidores dispostos a pagar um valor mais agregado por carne mais macia, a indústria tem direcionado seus esforços para a aplicação de tecnologias avançadas nas carcaças, as quais aprimoram a qualidade da carne (Zhang et al., 2019). Dentre as tecnologias disponíveis, as que vêm ganhando destaque são o emprego da estimulação elétrica de carcaças e a aplicação da maturação da carne. Assim, espera-se melhoria da maciez final (Bhat et al., 2018).

A aplicação da estimulação elétrica se baseia na aplicação de uma corrente elétrica nas carcaças previamente a transformação do músculo em carne (maturação sanitária), a fim de aumentar a taxa de glicólise *post mortem*, prevenindo o encurtamento das fibras musculares pelo frio e, como um efeito secundário, o aumento da taxa de proteólise (Hwang et al., 2003).

A maturação, por sua vez, melhora a maciez da carne por ação das enzimas endógenas, como as calpaínas, as quais atuam na estrutura miofibrilar, promovendo um desarranjo do sarcômero, resultando na melhoria da maciez (Jeremiah, et. al., 2003; Chriki et al., 2013). Dentre os tipos de maturação, têm-se a maturação a vácuo (*wet-aged*), na qual a carne é embalada a vácuo e é armazenada a 0-3 °C, por uma média de 14-21 dias (Smith et al., 2008).

Uma alternativa a esse processo é a maturação a seco, na qual a carne é maturada sem embalagem, resultando evaporação parcial da água livre e a medida que ocorre a perda de água da carne, os compostos de sabor tornam-se mais concentrados, resultando em um sabor mais intenso (Lewicki, 2004). A temperatura, a umidade relativa, o fluxo de ar e o tempo de armazenamento são frequentemente apontados como as principais variáveis a serem consideradas na maturação a seco,

uma vez que podem influenciar a taxa de evaporação da água, bem como outros aspectos relacionados à qualidade e economia do processo (Miller et al., 2008).

Com base nisso, objetivou-se avaliar o efeito da estimulação elétrica na mitigação das adversidades presentes durante a produção de carne maturada a seco, considerando então os indicadores de rendimento de processo e qualidade final da carne.

## **METODOLOGIA:**

### **Preparação das amostras para maturação**

O estudo foi conduzido com 8 animais da raça Nelore, todos castrados. Após o abate, as meias carcaças esquerdas (n=8) foram submetidas ao processo de estimulação elétrica (Grupo EE), enquanto as respectivas direitas (n=8) não foram estimuladas (Grupo NEE). O protocolo de estimulação elétrica consistiu em aplicar tensões crescentes de 20, 40, 70 e 110 VRMS (root-mean-square voltage), com 10 segundos de estimulação em cada nível de tensão. A frequência utilizada foi de 12 Hz e a amplitude da tensão variou entre 200 e 500 V. As 16 peças de contrafilé, cada uma com aproximadamente 65 cm de comprimento, foram então embaladas e transportadas em caixas com gelo do frigorífico até o laboratório de carnes da FEA - UNICAMP.

Cada peça de contrafilé foi subdividida em 3 porções menores, resultando em um total de 48 peças, que foram distribuídas aleatoriamente entre os grupos de tratamento (carne EE e carne NEE):

- 07 dias: 8 amostras EE e 8 amostras NEE;
- 14 dias: 8 amostras EE e 8 amostras NEE;
- 21 dias: 8 amostras EE e 8 amostras NEE.

As peças de carne foram pesadas e submetidas ao processo de maturação a seco, com temperatura de 1,5 °C, velocidade do ar de 2,5 m/s e umidade relativa do ar de 80%. Ao final de cada período de maturação, as peças de carne foram pesadas novamente para calcular o rendimento final e foram divididas para as análises de qualidade.

### **Parâmetros analíticos**

Após a obtenção dos dados de pesagem, os resultados de perda de peso por processo, perda de peso por remoção de aparas e rendimento total foram calculados utilizando a razão entre os pesos perdidos em cada etapa, permitindo assim, a determinação do rendimento de cada processo.

Para a análise do potencial hidrogeniônico (pH) e atividade de água ( $A_w$ ), um bife de 1,0 cm foi selecionado. O pH foi determinado utilizando um pHmetro de bancada, enquanto a  $A_w$  foi medida utilizando um equipamento medidor Aqualab-DECAGON (modelo 4TE) através de uma amostra circular, com aproximadamente 3 centímetros de diâmetro.

Outro bife, com 2,5 cm, foi submetido ao teste Warner Bratzler Shear Force (AMSA, 2012). Para isso, o bife foi assado sob condições controladas de temperatura. Em seguida, foram removidos 06 cilindros de 1,27 cm de diâmetro, paralelamente ao sentido longitudinal das fibras musculares, os quais foram imediatamente submetidos a cisalhamento em um texturômetro da marca TA-XT 2i

(Texture Technologies Corp./Stable Micro Systems, Reino Unido), equipado com lâmina de Warner Bratzler de 1 mm de espessura.

### Análise estatística dos dados

Os resultados e dados coletados foram submetidos à análise estatística utilizando Análise de Variância (ANOVA) e teste Tukey, com um nível de significância de 5%. Essa análise foi realizada através do software Statistica versão 10.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### Indicadores de rendimento de processo

Não foi verificado efeito da interação entre a aplicação de estimulação elétrica e o tempo de maturação ( $P > 0,05$ ) para todos os indicadores de rendimento (Tabela 1).

A desidratação não foi afetada quando aplicado à estimulação nas carcaças ( $P = 0,93$ ). No entanto, com o passar do tempo de maturação, houve aumento significativo da taxa de desidratação (Tabela 1). Isso ocorre por conta da ausência de embalagem, o que resulta em maior taxa de liberação de água (Dashdorj et al., 2016).

As amostras estimuladas eletricamente apresentaram maior teor de aparas em relação as não estimuladas ( $P < 0,05$ ) (Tabela 1). No entanto, não foi verificado efeito do tempo de maturação no teor de aparas (Tabela 1). Em geral, são relatados teores máximos de aparas de até 25% (Dashdorj et al., 2016).

As perdas totais e o rendimento total foram influenciados significativamente tanto pela aplicação da estimulação elétrica como pelo tempo de maturação (Tabela 1), resultado da soma das perdas por desidratação e aparas.

**Tabela 1.** Interação dos efeitos dos indicadores de rendimento de processo em contrafilé bovino estimulado eletricamente e maturado a seco.

	Desidratação, %	Aparas, %	Perdas totais, %	Rendimento, %
<b>Estimulação:</b>				
EE	7,92 ± 2,07 <sup>a</sup>	14,41 ± 2,08 <sup>a</sup>	22,33 ± 3,15 <sup>a</sup>	77,67 ± 3,15 <sup>b</sup>
NEE	7,62 ± 1,93 <sup>a</sup>	12,81 ± 2,08 <sup>b</sup>	20,44 ± 3,36 <sup>b</sup>	79,56 ± 3,36 <sup>a</sup>
Valor P	0,93	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Maturação:</b>				
7 dias	5,59 ± 0,52 <sup>c</sup>	12,77 ± 2,52 <sup>a</sup>	18,36 ± 2,51 <sup>c</sup>	81,64 ± 2,51 <sup>a</sup>
14 dias	7,79 ± 0,71 <sup>b</sup>	13,83 ± 1,99 <sup>a</sup>	21,62 ± 2,27 <sup>b</sup>	78,38 ± 2,27 <sup>b</sup>
21 dias	10,07 ± 0,95 <sup>a</sup>	14,10 ± 1,98 <sup>a</sup>	24,17 ± 2,47 <sup>a</sup>	75,82 ± 2,47 <sup>c</sup>
Valor P	< 0,05	0,35	< 0,05	< 0,05
<b>Estimulação vs Maturação:</b>				
Valor P	0,42	0,45	0,39	0,39

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

## Qualidade da carne

Não foi verificado efeito da interação entre a aplicação de estimulação elétrica e o tempo de maturação ( $P>0,05$ ) para todos os indicadores de qualidade da carne (Tabela 2).

O pH não foi afetado pela aplicação da estimulação elétrica nas carcaças ( $P>0,05$ ). No entanto, o aumento do tempo de maturação aumentou o pH das amostras maturadas por 14 e 21 dias, em relação aquelas maturadas por 7 dias ( $P<0,05$ ) (Tabela 2). O aumento do pH da carne durante o processo de maturação a seco pode ser devido à formação de compostos de nitrogênio a partir de proteínas causadas pela proteólise (Aksu et al., 2005).

A atividade de água (Aw) não foi afetada pela aplicação da estimulação elétrica ( $P>0,05$ ). Por outro lado, a Aw foi afetada pelo tempo de maturação ( $P<0,05$ ), apresentando redução da Aw com o passar dos dias de maturação ( $P<0,05$ ) (Tabela 2). Este fato pode ser elucidado pelo processo de maturação a seco, no qual, devido à ausência de embalagem, a água se difunde do interior para a superfície da carne e, posteriormente, é evaporada para o ambiente circundante (Lewicki, 2004). Logo, quanto maior o tempo, maior a redução da Aw.

**Tabela 2.** Efeito da estimulação elétrica, maturação e interação entre estimulação elétrica e maturação sobre a peça de carcaça sobre o pH, Aw e maciez da carne

	pH	Atividade de água	Maciez, kg
<b>Estimulação:</b>			
EE	5,53 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,9639 ± 0,0117 <sup>a</sup>	5,03 ± 1,29 <sup>a</sup>
NEE	5,49 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,9644 ± 0,0134 <sup>a</sup>	5,33 ± 1,30 <sup>a</sup>
Valor P	0,24	0,97	0,42
<b>Maturação:</b>			
7 dias	5,45 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,9748 ± 0,0066 <sup>a</sup>	5,93 ± 0,96 <sup>a</sup>
14 dias	5,52 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,9655 ± 0,0066 <sup>b</sup>	5,43 ± 1,16 <sup>a</sup>
21 dias	5,55 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,9529 ± 0,0119 <sup>c</sup>	4,24 ± 1,15 <sup>b</sup>
Valor P	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Estimulação vs Maturação:</b>			
Valor P	0,70	0,76	0,64

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Não houve efeito significativo da estimulação elétrica na melhoria da maciez. Mas, com o passar do tempo de maturação, as amostras maturadas por 21 dias se apresentaram mais macias do que as maturadas por 7 e 14 dias (Tabela 2). Isso ocorre devido ao processo de ação das enzimas endógenas da carne, como as calpaínas, as quais atuam na estrutura miofibrilar, promovendo um desarranjo do sarcômero, resultando na melhoria da maciez (Jeremiah, et. al., 2003; Chriki et al., 2013). Quanto maior o tempo de maturação, maior a intensidade da melhoria da maciez, e é o que justifica o resultado expresso para as amostras deste estudo (Dashdorj et al., 2016).

De forma complementar à discussão, é trago uma classificação da maciez de carnes, de acordo com a proposta da AMSA (1995). Assim, as amostras maturadas por 7 dias estão no limite para serem classificadas como duras (valores acima de 6,1 kg), enquanto que as maturadas por 14 dias

são classificadas como intermediárias (valores entre 4,5 a 6,0 kg). Aquelas maturadas por 21 dias, por sua vez, são classificadas como macias (valores entre 4,0 a 4,4 kg).

## CONCLUSÕES

A aplicação da estimulação elétrica nas carcaças não se mostrou eficiente na melhoria dos indicadores de rendimento e qualidade final de carnes maturadas a seco, demonstrando que a ação do tempo de maturação foi a principal responsável pelas alterações durante o processo. Assim, o uso de estimulação elétrica não reduz o custo de produção da carne maturada a seco, por não acelerar os indicadores relacionados ao processo e produto final.

## BIBLIOGRAFIA

- AKSU, M. I.; KAYA, M.; OCKERMAN, H. W. Effect of modified atmosphere packaging and temperature on the shelf life of sliced pastirma produced from frozen/thawed meat. **Journal of Muscle Foods**, v. 16, n. 3, p. 192–206, 2005.
- AMSA. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. American Meat Science Association and National Livestock Meat Board. 1995.
- AMSA. **Meat Color Measurement Guidelines**. Champaign, IL: American Meat Science Association. 2012.
- BHAT, Z. F.; MORTON, J. D.; MASON, S. L. & BEKHIT, A. E. A. Applied and emerging methods for meat tenderization: A comparative perspective. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 4, p. 841–859, 2018.
- CHRIKI, S. et al. Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. **Livestock science**, v. 155, n. 2–3, p. 424–434, 2013.
- DA SILVA BERNARDO, A. P. et al. Effects of freezing and thawing on microbiological and physical-chemical properties of dry-aged beef. **Meat Science**, v. 161, n. 108003, p. 108003, 2020.
- DASHDORJ, D. et al. Dry aging of beef; Review. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 58, n. 1, 2016.
- FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. DE. Production systems-an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238–243, 2010.
- HWANG, I. H.; DEVINE, C. E.; HOPKINS, D. L. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. **Meat Science**, v. 65, n. 2, p. 677–691, 2003.
- IBGE. **Produção Agropecuária**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br>>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- JEREMIAH, L. E. et al. Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. **Meat Science**, v. 65, n. 3, p. 1013–1019, 2003.
- JI, X. et al. Effect of medium voltage electrical stimulation and prior ageing on beef shear force during superchilled storage. **Meat Science**, v. 172, n. 108320, p. 108320, 2021.
- LEWICKI, P. P. Drying. In: JENSEN, W. K. **Encyclopedia of Meat Sciences**. Elsevier, 2004, p. 402–411.
- MILLER, R. K.; GRIFFIN, D.B.; SAVELL, J. W. Dry versus wet aging of beef: retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US choice and US select short loins. **Meat Science**, v. 79, p. 631–639, 2008.
- MORTON, J. D. et al. Calpain-calpastatin and toughness in *M. longissimus* from electrically stimulated lamb and beef carcasses. **Meat Science**, v. 52, n. 1, p. 71–79, 1999.
- SMITH, R. D. et al. Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. **Meat Science**, v. 79, n. 4, p. 631–639, 2008.
- SPANIER, A. M. et al. The effect of post-mortem aging on meat flavor quality in Brangus beef. Correlation of treatments, sensory, instrumental and chemical descriptors. **Food Chemistry**, v. 59, n. 4, p. 531–538, 1997.
- ZHANG, Y. et al. Effect of new generation medium voltage electrical stimulation on the meat quality of beef slaughtered in a Chinese abattoir. **Meat Science**, v. 149, p. 47–54, 2019.