**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Percepção dos consumidores brasileiros nos atributos sensoriais da carne
bovina submetida a maturação**

Ana Cláudia da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2019**

Ana Cláudia da Silva
Zootecnista

**Percepção dos consumidores brasileiros nos atributos sensoriais da carne bovina
submetida a maturação**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Prof. Dr. **EDUARDO FRANCISQUINE DELGADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Silva, Ana Cláudia da

Percepção dos consumidores brasileiros nos atributos sensoriais da carne bovina submetida a maturação / Ana Cláudia da Silva. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. -- Piracicaba, 2019.

69 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Atributos sensoriais 2. Consumidor brasileiro 3. Maturação I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmãos, Ademar, Rosi, Ana Paula e Marcio, ao meu noivo Alex

Com muito amor,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus** que me deu força não somente nestes anos de mestrado, mas em todos os momentos da minha vida

Agradeço aos meus pais **Ademar e Rose** meus maiores exemplos, obrigada por cada incentivo e orientação, pelas orações em meu favor, pela preocupação para que estivesse sempre andando pelo caminho correto. Obrigada por estarem ao meu lado sempre. Amo vocês.

E meu agradecimento muito especial a minha irmã **Ana Paula** que sempre me apoiou em todos os momentos da minha vida e durante o mestrado por ter me ajudando a estudar e me incentivando, te amo.

Agradeço ao meu noivo **Alex**, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo. Obrigado, amor da minha vida por aguentar as crises choro e estresse, te amo.

Ao **Professor Dr. Eduardo** pela sua orientação, paciência e atenção, que dedicou seu tempo para me orientar neste trabalho, além disso, por ter me inspirado para que eu me torne uma profissional melhor a cada dia.

Ao **Marcelo** e toda equipe **BBQ**, pela oportunidade de realizar o experimento junto a empresa, e por toda sua ajudar no desenvolvimento da dissertação.

Ao **Daniel** pela grande ajuda na análise estatística.

Agradeço as minhas amigas **Bruna, Giu e Juuh**. Obrigado pelos inúmeros conselhos, frases de motivação. As risadas, que vocês compartilharam comigo nessa etapa tão desafiadora da minha vida, também fizeram toda a diferença. E que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

Aos amigos que fiz ao longo do mestrado **Marina, Marcos, Gercino** e em especial **Octavio**, agradeço por toda força, e incentivo.

Aos companheiros do LAFA **Giancarlo e Patrícia** e as meninas de IC **Giovana e Karina**, por todo auxílio no início do mestrado.

À professora **Carla Maris Machado Bittar** por ter me recebido durante o estágio curricular e me incentivado a realizar o mestrado.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens** e à **ESALQ/USP**, pela oportunidade de realização do meu mestrado. À **CAPES** pela bolsa de mestrado concedida.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Características intrínsecas e extrínsecas da carne bovina.....	15
2.1.1. Características intrínsecas	15
2.2. Características da musculatura e relação com condição fisiológica do animal	16
2.2.1. Transformação do músculo em carne	16
2.2.2. Maturação da carne.....	17
2.2.3. Idade	19
2.2.4. Raça	21
2.2.5. Condição sexual.....	22
2.3. Qualidade sensorial.....	22
2.3.1. Análise sensorial.....	22
2.3.2. Atributos sensoriais	23
2.3.3. Textura/maciez	24
2.4. Características extrínsecas	25
2.4.1. Perfil do consumo do consumidor brasileiro de carne bovina.....	25
2.5. Sistemas de avaliação da carcaça para predição da qualidade organoléptica da carne	27
2.5.1. Sistema brasileiro de classificação de carcaça	27
2.5.2. Sistema Meat Standards Australia (MSA)	29
2.5.2.1. Desenvolvimento do MSA	29
2.5.2.2. Descrição e modelo de previsão da palatabilidade	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1. Classificação das carcaças no frigorífico.....	33
3.2. Preparação das amostras no laboratório	35
3.3. Preparação das amostras para análise sensorial.....	37
3.4. Testes Sensoriais	38
3.5. Desenho experimental dos testes sensoriais	39
3.5.1. Análise estatística	41

3.5.2. Desenvolvimento das equações	41
4. RESULTADOS.....	43
4.1. Perfil sociodemográfico	43
4.2. Análise sensorial	44
4.3. Determinação do IQ-Maturação.....	46
5. DISCUSSÃO	48
6. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS.....	57

RESUMO

Percepção dos consumidores brasileiros nos atributos sensoriais da carne bovina submetida a maturação

Objetivo do trabalho foi verificar a capacidade do consumidor em diferenciar atributos sensoriais da carne, bem como obter um índice de palatabilidade geral, decorrentes do tempo de maturação da carne em diferentes grupos genéticos e condição sexual típicos dos sistemas brasileiros de produção. Foram utilizadas amostras de 30 carcaças (Nelore e F1 Angus x Nelore, com as três condições sexuais (F - fêmea, MC – macho castrado e MI – macho inteiro). As informações de carcaças coletas foram: conformação, acabamento, comprimento e largura de carcaça, ossificação, pH e temperatura finais. Amostras de *Longissimus thoracis et lumborum* foram retiradas 24 horas após o abate. As amostras foram separadas em bifes, embaladas a vácuo e armazenadas em câmara de resfriamento (2°C) e maturadas por 5, 15 e 30 dias. Na análise sensorial, os consumidores receberam sete amostras de carne. Os seguintes atributos foram avaliados: satisfação geral, maciez, suculência e sabor. Foram realizados 5 ensaios totalizando 180 consumidores. Com dados das fichas de avaliação foi desenvolvido um índice qualidade, o IQ-maturação. Para análise geral dos dados foi realizada a média das notas dos atributos sensoriais por animal/tratamento. Nos dados com amostras de carcaças das fêmeas, realizou-se uma análise considerando arranjo fatorial 3x2, sendo três tempos de maturação e dois grupos genéticos. Para aceitabilidade dos atributos sensoriais, foi usado teste binomial, onde as notas foram divididas em duas: aceitável (notas ≥ 60) e não aceitável (notas ≤ 50). Houve efeito dos tempos de maturação para todos os atributos sensoriais, onde as notas foram similares para 15 e 30 dias de maturação sendo superiores aos obtidos para 5 dias ($P < 0,01$). Para amostras de Nelore não houve diferença ($P > 0,05$) nos atributos satisfação geral e maciez entre 15 e 30 dias superando as notas para 5 dias. Suculência foi superior para 30 comparada com 5 dias. Sabor não diferiu entre os tempos de maturação. Para as fêmeas Angus x Nelore, as notas em satisfação geral, suculência e sabor foram iguais para 15 e 30 dias ($P > 0,05$) superando 5 dias, enquanto a maciez apresentou escores significativamente mais altos a cada aumento no tempo de maturação ($P < 0,01$). Houve efeito da interação entre tempo de maturação e grupo genético para suculência ($P < 0,03$). Na análise de amostras Nelore todos os atributos apresentaram baixo nível de aceitabilidade com 5 dias. Após 15 e 30 dias, a aceitabilidade atingiu níveis mais altos para: satisfação geral, maciez e sabor. Suculência apresentou baixa aceitabilidade em todos dos tempos de maturação. Para os animais F1 Angus x Nelore apenas satisfação geral e maciez apresentaram alto nível de aceitabilidade com 30 dias de maturação. Nos demais tempos de maturação todos os atributos apresentaram baixo nível de aceitabilidade. O índice IQ-maturação demonstra uma contribuição equilibrada das notas para satisfação geral, maciez e sabor, com menor impacto da suculência. Os maiores níveis de concordância entre IQ e classificação direta pelo consumidor foram para as categorias 1 (83,82%) e 4 (83,89%), em escala variando de 1 a 4. Para os consumidores brasileiros amostrados, majoritariamente jovens, com alto grau de instrução formal e classe socioeconômica privilegiada, a maturação por pelo menos 15 dias tem impacto positivo nas notas dos atributos de qualidade sensorial. A qualidade sensorial da carne bovina brasileira pode ser predita com boa acurácia usando o IQ-maturação.

Palavras-chave: Atributos sensoriais; Consumidor brasileiro; Maturação

ABSTRACT

Perception of Brazilian consumers on the sensorial attributes of aged beef

The objective of the study was to verify the consumer's ability to differentiate sensorial attributes of meat, as well as to obtain an index of general palatability, due to the maturation time of the meat in different biological groups and sexual condition typical of the Brazilian production systems. Samples of 30 carcasses (Nellore and F1 Angus x Nellore, with the three sexual conditions (F- female, MC- castrated male and MI- whole male). The information of carcasses collected were: conformation, finish, carcass length and width, ossification, final pH and temperature. Samples of Longissimus thoracis et lumborum were removed 24 hours after slaughter. The samples were separated into steaks, packed in vacuum, stored in cooling chamber (2 ° C) and aged for 5, 15 and 30 days. In sensory analysis, consumers received seven meat samples. The following attributes were evaluated: overall satisfaction, tenderness, juiciness and flavor. Five trials were carried out totaling 180 consumers. With data from the evaluation sheets was developed a quality index, the IQ-aged. For the general analysis of the data, the average of the notes of the sensorial attributes by animal/treatment was realized. In the data with samples of female's carcasses, an analysis was performed considering factorial arrangement 3x2, being three times of aging and two biological types. For acceptability of the sensorial attributes, a binomial test was used, where the scores were divided in two: acceptable (notes ≥ 60) and not acceptable (notes ≤ 50). There were effects of aging times for all sensory attributes, where the grades were similar for 15 and 30 days of aging, being higher than those obtained for 5 days ($P < 0.01$). For Nellore samples, there was no difference ($P > 0.05$) in the overall satisfaction and tenderness, between 15 and 30 days, exceeding the scores for 5 days. Juiciness was higher compared to 30 for 5 days. Flavor did not differ between aging times. For Angus x Nellore females, the scores on overall satisfaction, juiciness and flavor were the same for 15 and 30 days ($P > 0.05$) exceeding 5 days, while tenderness presented significantly higher scores at each increase in aging time ($P < 0.01$). There was a significant interaction between aging time and juiciness for biological type ($P < 0.03$). In the analysis of Nellore samples, all attributes presented a low level of acceptability with 5 days. After 15 and 30 days, the acceptability reached higher levels for overall satisfaction, tenderness and flavor. Juiciness had low acceptability in all the aging times. For F1 Angus x Nellore animals, only overall satisfaction and tenderness presented a high level of acceptability with 30 days of aging. In all the aging times, all the attributes had a low level of acceptability. The IQ-aged index shows a balanced contribution of the scores for overall satisfaction, tenderness and flavor, with less impact of juiciness. The highest levels of agreement between IQ and direct classification by the consumer were for categories 1 (83.82%) and 4 (83.89%), ranging from 1 to 4. For Brazilian consumers evaluated, mostly young, with a high degree of formal education and privileged socioeconomic class, aging for at least 15 days has a positive impact on the scores of attributes of sensory quality. The sensory quality of Brazilian beef can be predicted with good accuracy using IQ-aged.

Keywords: Aging; Brazilian consumer; Sensory attributes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de ativação de calpaínas e tenderização de carne, segundo Dransfield (1993)	18
Figura 2. Ordem de deposição dos tecidos nos animais com altas (A) e baixas (B) taxas de crescimento: 1- tecido nervoso; 2- osso; 3- músculo; 4- tecido adiposo (Adaptado: Owens et al., 1993).	20
Figura 3. Paletas para avaliação de cores de gordura intermuscular e da carne, imagem ilustrativa.	36
Figura 4. Padrões de referência e suas pontuações para marmorização da carne	37
Figura 5. Padrões de referência com relação o ponto de cocção da carne	38
Figura 6. Ficha de avaliação para cada amostra de carne.	39
Figura 7. Ilustração do desenho experimental utilizado para os testes sensoriais com mensuração dos efeitos das características de carcaças sobre a qualidade sensorial das carnes bovinas.	40
Figura 8. Distribuição das amostras no quadrado latino, considerado coluna e linha como consumidor e posição de avaliação, e as amostras distribuídas dentro do quadrado latino.	40
Figura 9. Frequência da pontuação IQ-Maturação por categoria da carne definida em: A- Categoria 1 = insatisfatório; B- Categoria 2 = bom para o dia-a-dia; C- Categoria 3 = muito bom e D- Categoria 4 = excelente, pelos consumidores.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Esquema simplificado de classificação de carcaças conforme a Portaria n. 612. (Brasil, 1989).	28
Tabela 2. Tipificação com as letras da palavra BRASIL e as restrições de acabamento e conformação.....	28
Tabela 3. Capacidade do modelo para classificar os cortes	31
Tabela 4. Idade de eupção dos dentes incivos permanentes de acordo com a idade dos bovinos.	33
Tabela 5. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas no ensaio 1.	34
Tabela 6. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas no ensaio 2.	34
Tabela 7. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas do ensaio 3	35
Tabela 8. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas no ensaio 4.	35
Tabela 9. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas no ensaio 5.	35
Tabela 10. Características sociodemográficas dos consumidores (n=180).	43
Tabela 11. Efeito da maturação nos atributos sensoriais, por consumidores, no músculo <i>Longissimus</i> de bovinos (n=180).	44
Tabela 12. Nivel de aceitabilidade de consumidores para atributos sensoriais no músculo <i>Longissimus</i> de bovinos submetidos a diferentes tempos de maturação, usando teste binomial ¹	44
Tabela 13. Efeito da maturação na avaliação de atributos sensoriais, por consumidores não treinados, do músculo <i>Longissimus</i> em fêmeas Nelore e F1 Angus x Nelore (n=108).	45
Tabela 14. Nivel de aceitabilidade de consumidores para atributos sensoriais no músculo <i>Longissimus</i> em fêmeas Nelore e F1 Angus x Nelore, submetidos a diferentes tempos de maturação, usando teste binomial ¹	46
Tabela 15. Classificação das amostras de carne em categorias baseadas no IQ-maturação	47

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira se destaca no setor agropecuário mundial, visto que possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com cerca de 221 milhões de cabeças, e com um total de 39,2 milhões de cabeças abatidas, perfazendo uma produção anual de aproximadamente nove milhões de toneladas equivalente carcaça de carne ao ano (ABIEC, 2018). Por consequência essa atividade é uma das principais dentro da economia brasileira, chegando a representar em tempos atuais 6% do PIB brasileiro ou 30% do PIB do agronegócio, com um movimento superior a 400 bilhões de reais, além de empregar 1,6 milhões de pessoas (ABIEC, 2017). Concomitantemente com esta importância do mercado cárneo brasileiro, elevam-se as exigências do consumidor, e neste contexto as pesquisas relacionadas à qualidade do produto ganham espaço para aperfeiçoamento de toda a cadeia produtiva (Mombach et. al., 2010).

A demanda por carne de alta qualidade está aumentando na maioria dos países, estimulando a indústria na busca por adequações para consistentemente produzir e fornecer carne que tenha características sensoriais desejadas pelo consumidor, dentre outros aspectos de qualidade, e garantir o consumo contínuo de produtos cárneos (Henchion et al. 2014).

A fim de produzir carne de alta qualidade, é necessário entender as características e fatores que interferem na avaliação da mesma por consumidores. As características associadas à qualidade requerida pelo consumidor são dependentes de vários fatores como a estrutura muscular, alterações *post mortem* nos tecidos musculares, efeitos do estresse no pré-abate, processamento e armazenamento dos produtos (Joo et al., 2013). Dentre as características sensoriais, a maciez apresenta a maior variabilidade (Koohmaraie, 1992), sendo mensurada apenas após o abate, no entanto ocupando lugar de destaque para definição das expectativas que influenciam a aquisição da carne e satisfação de consumidores (Behrends et. al., 2005; Koohmaraie, 1992). A maciez da carne é uma questão determinada como crítica para a indústria em diversos mercados importantes na produção de carne bovina (Becker, 2000). Dados sobre análise sensorial do impacto de maciez sobre a percepção e satisfação de consumidores brasileiros apontam para sua relevância (Delgado et al., 2006), mais ainda são raros no país. Não obstante, tem sido preconizado que a produção brasileira de carne precisa adequar-se às pretensões de consumidores mais exigentes, no que se refere à padronização de cortes, maciez, sabor e suculência, características determinantes na decisão de compra (Felicio, 2005).

Para incrementar a qualidade e diminuir inconsistência na maciez, a indústria da carne tem utilizado com sucesso a maturação (Gutowsky, 1979; Piao et al., 2015), que pode ser descrita como manutenção das carcaças ou cortes de carne sob temperaturas de refrigeração baixas por períodos prolongados. Além de melhorar a maciez, há alteração do sabor-aroma da carne, com aumento da vida útil (Fernandes et al., 2013; Miller et al., 1985). A maturação é um processo complexo, afetado pela interação de características como idade, raça e condição sexual do animal (Monson et al., 2005), que em última análise têm impacto sobre a velocidade de glicólise, quantidade e solubilidade do colágeno, comprimento do sarcômero das miofibrilas, e degradação das proteínas miofibrilares (Felício, 1993).

As diferenças entre as raças podem ser atribuídas à quantidade e à solubilidade do colágeno, e atividades das enzimas calpaínas e da proteína calpastatina (Muhammad et al., 2016). A atividade inibitória da calpastatina é apontada como uma das principais causas das diferenças observadas entre as carnes provenientes de *Bos taurus* e *Bos indicus*, uma vez que no último genótipo a calpastatina é mais ativa (Whipple et al., 1990). Assim sendo, verificou-se que as diferenças genéticas na maciez da carne estavam associadas à variação na taxa e extensão da proteólise *post mortem* muscular (Shackelford et al., 1991; Wulf et al., 1996; Ba et al. 2013).

Se considerarmos que à cadeia de carne interessa atender os diferentes nichos de mercado de maneira apropriada e consistente, será imprescindível aplicar estratégias que envolvam não só o uso da maturação, mas adequação de sistemas de produção visando à padronização da oferta de matéria prima (animais) às indústrias, que envolveriam peso da carcaça, rendimento de cortes cárneos e grau de acabamento (Assis, 2017), mas também outros fatores como raça e condição sexual, com potencial para afetar as características sensoriais, que possam ser percebidos pelo consumidor. A predição das características da carne, ainda no frigorífico, é desejável para proporcionar uma melhor divisão das carcaças por qualidade e aumentar os ganhos econômicos da cadeia produtiva (Cassar-Malek; Picard, 2016; Torres Filho, 2015). Estas questões tem impacto na sustentabilidade dos sistemas de produção de carne bovina.

As hipóteses estabelecida é a de que os consumidores encontrassem diferença na qualidade sensorial da carne entre os dois grupos genéticos e que as amostras provenientes de animais *bos indicus* apresentassem maior extensão na proteólise *post mortem*. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar se o consumidor é capaz de identificar nos atributos sensoriais da carne, bem como em índice de palatabilidade geral, efeitos da maturação em amostras

provenientes de diferentes grupos biológicos e condição sexual típicos dos sistemas brasileiros de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O entendimento de características intrínsecas do bovino, portanto da sua musculatura, que determinam a qualidade organoléptica da carne que pode ser percebida e valorizada pelo consumidor, envolve uma conceituação dos fatores causais e seus efeitos no processo de transformação de músculo em carne, bem como os impactos na percepção das características sensoriais da carne. Existe também a necessidade de verificar fatores extrínsecos. A revisão sobre estas características não pretende esgotar o assunto, mas procurará trabalhar aspectos fundamentais especialmente das características intrínsecas, que são objeto direto de estudo de profissionais interessados em ciência de carnes e sua relação com a área de produção animal.

2.1 Características intrínsecas e extrínsecas da carne bovina

Os atributos sensoriais intrínsecos de qualidade são aqueles que fisicamente fazem parte do produto, por exemplo marmorização e cor, bem como suas características nutricionais. Por outro lado, os extrínsecos não são parte física do produto, mas interferem em sua qualidade percebida, sendo os principais: preço, origem, apresentação do produto e marca (Troy; Kerry, 2010). Quando se trata de carne bovina, a qualidade pode ser inferida pelos atributos sensoriais do produto (cor, aroma, sabor) (Barcellos, 2012).

A indústria da carne é quem detém as informações mais relevantes, em relação as demais partes da cadeia, embora muitas vezes não leve em consideração as nuances presentes no ponto de vista do consumidor final, caracterizando uma imperfeição no fluxo de informações deste mercado. Por outro lado, as sinalizações do consumidor podem agregar valor ao produto ou permitir o acesso a novos mercados (Ceolin, 2011).

2.1.1 Características intrínsecas

A carne é definida como as massas musculares maturadas e demais tecidos que as acompanham, incluindo ou não a base óssea correspondente, procedentes de animais abatidos sob inspeção veterinária (Brasil, 1952).

A musculatura esquelética, que possui tecido conjuntivo associado, compõe a maior parte da carne, com organização em uma estrutura complexa, variável entre as espécies e entre músculos de uma mesma espécie (Lawrie, 2005). A quantidade e solubilidade de tecido conjuntivo determinam a maciez da carne, que ainda pode ser alterada pelo encurtamento do sarcômero durante o *rigor mortis* e a proteólise *post mortem* das miofibrilas e das proteínas a elas associadas (Koohmaraie; Doumit; Wheeler, 1996; Koohmaraie; Geesink, 2006). As características biológicas dos músculos, dentre as quais a presença de gordura intramuscular e

subcutânea também podem influenciar e determinar qualidade sensorial da carne (Geay et al., 2001).

Nutricionalmente, a carne tem sido motivo de preocupação por supostos efeitos maléficos. Meta-análise recente concluiu que não há associação entre o consumo de carne vermelha e a mortalidade por doenças cardiovasculares (Micha et al., 2010). Porém, outros estudos demonstram efeitos maléficos associados ao consumo da carne vermelha para doenças cardiovasculares (Bernstein et al., 2010; Pan et al., 2012). Não obstante, a associação da carne vermelha com a mortalidade por doença cardiovascular não é resolutiva (Oliveira; Pichel, 2013). O único aspecto que tem merecido atenção recente é a possível associação com maior propensão para desenvolvimento de câncer colorretal, que está mais fortemente relacionado com o consumo de carnes processadas (Larsson; Wolk, 2006; Sandhu et al., 2001). Por outro lado, a carne é um alimento rico em proteínas e pobre em carboidratos, contribuindo para um baixo índice glicêmico, e tendo efeitos positivos no âmbito de obesidade, diabetes, entre outras enfermidades (Biesalski; Nohr, 2009). Além disso, a carne de bovinos é uma importante fonte de CLA (ácido linoléico conjugado) que são ácidos graxos benéficos a saúde humana que podem prevenir o aparecimento e desenvolvimento de algumas doenças. Além de ser uma importante fonte de ferro e proteína de alta biodisponibilidade é uma importante fonte das vitaminas do complexo B, principalmente de vitamina B12 (Enser et al., 1998). Importante na composição equilibrada de uma dieta, a carne apresenta características variadas de acordo com a raça, tipo de músculo, idade, gênero, fatores genéticos, dieta, modo de criação, entre outros (Troy; Kerry, 2010).

2.2 Características da musculatura e relação com condição fisiológica do animal

2.2.1 Transformação do músculo em carne

As características dos músculos, compostos em grande parte pelo tecido muscular estriado esquelético e com participação do tecido conjuntivo propriamente dito e do adiposo, são importantes para a obtenção do produto cárneo. O processo de conversão do músculo em carne é complexo e envolve uma série de alterações no metabolismo celular e na estrutura proteica, caracterizando-se pelo esgotamento das reservas de trifosfato de adenosina (ATP), pela diminuição do pH ou acidificação, pela queda da temperatura da musculatura, pelo aumento da concentração de íons cálcio no citosol, pelo *rigor mortis*, entre outros (Lawrie, 2005). Duas fases se destacam, sendo o estabelecimento do *rigor mortis* e o amaciamento da carne.

A primeira fase inicia-se logo após a morte do animal, e por consequência com a falência sanguínea, o aporte de oxigênio e o controle nervoso deixam de chegar à musculatura. Portanto, o músculo passa a utilizar a via anaeróbica, para obter energia para um processo contrátil desorganizado; nesse processo há transformação de glicogênio em glicose, e como a glicólise é anaeróbica, ocorre a geração de lactato e verifica-se também a queda do pH (Bendall, 1973). Nos primeiros momentos *post mortem*, o nível de ATP é mantido por conversão do ADP a ATP (fosfocreatina + ADP $\rightleftharpoons$ creatina + ATP), mas quando a fosfocreatina é exaurida, inicia-se a queda do nível de ATP. Existe também a ação da miokinase ou miocinase, que utiliza ADPs para produção de ATP, todavia com menor importância para geração contínua e acelerada de ATP (Lametsch et al., 2002; Savabi et al., 1986). Inicialmente são degradadas as reservas de fosfocreatina, seguidas pelas reservas de glicogênio e outros carboidratos e finalmente o ATP, rico em energia. Como resultado, os prótons que são produzidos durante a hidrólise de ATP a ADP causam diminuição significativa do pH intracelular devido à liberação de íons H⁺ e posteriormente incrementada pela redução do piruvato em lactato (Bate-Smith; Bendall, 1949).

Com a diminuição da concentração de ATP, iniciam-se interações actino-miosina, em que o músculo começa uma fase de contração que continua até que o ATP desapareça. Após o desaparecimento total das reservas de ATP celular, o músculo não consegue mais relaxar e entra em contração irreversível, na qual a extensibilidade é nula, sendo chamada de *rigor mortis* (Bendall, 1973). Nessa fase também ocorre o encurtamento do sarcômero em músculos que não apresentam restrição física ao encurtamento durante o estabelecimento do *rigor mortis* (Koohmaraie; Doumit; Wheeler, 1996).

Durante o processo ocorre a queda do pH de 7,0 para cerca de 5,4 a 5,8, e à perda da elasticidade do tecido muscular. A segunda fase corresponde a um potencial aumento gradual da maciez (amaciamento ou maturação), durante o armazenamento *post mortem*, mediado pela proteólise realizada por proteases naturais do músculo.

2.2.2 Maturação da carne

A maturação é uma estratégia comumente realizada pelos frigoríficos e varejo, com o objetivo de melhorar os atributos sensoriais da carne, podendo proporcionar produtos com menor desuniformidade e com diferencial na qualidade, além de agregar valor de mercado (Frenzel et al., 2014; Sitz et al., 2004). Durante esse processo a embalagem da carne à vácuo retarda o crescimento de bactérias aeróbicas putrefativas e favorece o crescimento das bactérias lácticas, que, por sua vez, produzem substâncias antimicrobianas (Puga et al., 1999).

A maturação inicia-se logo após o *rigor mortis* e continua durante todo o período de estocagem dos produtos. Durante o processo, ocorrem mudanças químicas e estruturais cujo resultado é o desenvolvimento da maciez, sabor e aromas desejáveis (Goll, 1991). As mudanças são decorrentes da degradação de proteínas musculares, que são executadas por proteases que acabam por enfraquecer toda a estrutura da miofibrila, resultando em um aumento da maciez, mas este não é o único fator que influencia a maciez durante a maturação (Calkins, Seideman, 1988; Goll et al., 1992; Piao et al., 2015; Veiseth-Kent et al., 2010).

No processo de maturação ocorre a degradação pelas proteases endógenas incluem as caspases, catepsinas e proteassomas, e o sistema calpaína, especialmente a μ -calpaína, que é responsável pela maior parte da proteólise *post mortem*, com papel destacado no amaciamento da carne (Figura 1) (Geesink, 2006; Huff-Lonerhan, 2014; Koohmaraie, 1992). Não obstante, outro processo importante de transformação de músculo em carne, a apoptose das miofibras, dependente da ação de um grupo de proteases apoptóticas, as caspases, tem sido associado ao processo proteolítico *post mortem* (Ouali et al., 2013).

Figura 1. Modelo de ativação de calpaínas e tenderização de carne, segundo Dransfield (1993)

(a) Início: as calpaínas são ativadas pelo aumento na concentração de cálcio; (b) Complexação: o equilíbrio entre calpaínas ativadas e calpaínas ligadas à calpastatina determina o nível de calpaínas ativadas livres, que aumenta com o declínio de pH; (c) Inativação: de calpaínas ativadas livres por autólise. (d) Inativação de calpastatina: a inativação da calpastatina ocorre por proteólise, e (e) Tenderização: proteólise dos componentes estruturais das miofibrilas pelas calpaínas ativadas livres.

Apoptose é um processo de morte celular programada, que ocorre individualmente, sendo que a morte de uma célula não leva à morte de outras células (Kerr et al. 1972). Esse processo dependente de energia e síntese proteica (Quali et al., 2006). Processos de abate e

sangria acabam por disparar as vias de apoptose pela ativação das caspases contribuindo para o processo de proteólise *post mortem* (Sentandreu et al. 2002).

Mesmo com a maturação da carne, a indústria tem dificuldade em atender a demanda dos consumidores por carne consistentemente macia, pois a textura é um atributo altamente variável, tanto entre os animais quanto no mesmo animal (Geay, Bauchart, Hocquette; Culioli, 2001). Essa inconsistência na maciez ocorre pela dependência de muitos fatores intrínsecos e extrínsecos ao animal e de suas interações. Essa grande variabilidade limita a aceitabilidade da carne bovina *in natura*, pois é uma razão para a insatisfação do consumidor e, logo, para a redução do consumo (Koohmaraie; Geesink, 2006; Polkinghorne; Thompson, 2010; Troy; Kerry, 2010).

Dentre os fatores referentes ao consumidores que influenciam a maciez da carne podemos destacar alguns que são importantes e por vezes limitantes nos sistemas de produção presentes no Brasil: idade, genótipo (raça) e condição sexual.

2.2.3 Idade

A condição fisiológica do animal altera características da musculatura, discutidas anteriormente, e podem afetar o produto cárneo a ser obtido. Um fator importante na determinação da maciez da carne é a idade de abate deste animal, sendo que os animais jovens terão potencialmente uma carne mais macia do que animais abatidos velhos (Morgan et al., 2002), desde que sejam resguardadas diferenças em outros aspectos fisiológicos. A idade em que o animal é abatido irá influenciar a composição da carcaça, ou seja, a razão osso/carne/gordura (Lawrie, 1998).

O crescimento dos animais apresenta características alométricas, onde cada tecido possui em um determinado momento uma velocidade diferente de crescimento em relação ao ritmo de crescimento corporal (figura 2), o primeiro tecido a ser depositado é o nervoso, seguido do tecido ósseo, muscular e adiposo (Keele et al., 1992; Lawrie, 1998; Owens et al., 1993). A consequência é que com o avançar da idade, as carcaças irão apresentar maior porcentagem de gordura na carne e com maior grau de marmorização e em relação as características química, os conteúdos de água e proteína irão diminuir com o avançar da idade, aumentando a proporção de lipídios (Kemp; Parr, 2012; Owens et al., 1993; Tatum et al., 1998).

Figura 2. Ordem de deposição dos tecidos nos animais com altas (A) e baixas (B) taxas de crescimento: 1- tecido nervoso; 2- osso; 3- músculo; 4- tecido adiposo (Adaptado: Owens et al., 1993).

O aumento da idade dos animais faz com que aumentem o número de ligações cruzadas intra e entre as moléculas de tropocolágeno do colágeno, essas ligações, chamadas de piridinolina, conferem maior estabilidade à molécula, mas em contrapartida, aumenta a insolubilidade do colágeno, como consequência, com o avançar da idade do animal, a carne se torna mais dura (Christensen; Purslow; Larsen, 2000; Hill, 1966). Um animal jovem possui maior proporção de colágeno, porém este é termo-lábil, ou seja, sob calor ocorre transformações e a carne fica mais tenra, já em animais adultos a proporção é menor, mas com ligações cruzadas nas moléculas, o que confere termo-estabilidade, não ocorrendo transformações com o cozimento, o que deixa a carne mais dura (Belew et al., 2003; Goll; Hoekstra; Bray, 1964).

Outro fator de impacto é a deposição da gordura subcutânea, a qual começa a ser colocada antes da gordura intramuscular nas carcaças dos animais. A gordura intramuscular só é depositada a partir do momento que o animal ganha peso em taxas elevadas, ou quando avança em idade ou peso corporal. Porém, a gordura subcutânea tem importância significativa na qualidade da carcaça, sendo necessário uma quantidade mínima (3 mm) que terá a função de isolante térmico durante o resfriamento. Esse isolamento evitará o encurtamento das fibras musculares, que resultaria em menor maciez da carne (Lawrie, 1977).

Um fator complementar que pode mudar com a idade é o sistema calpaína, alguns estudos demonstraram o efeito da idade animal para atividade calpaínas e calpastatina, descobrindo que a atividade da calpastatina diminui com a idade. (Northcutt et al., 1998;

Veiseth et al., 2004). Com o avançar da idade ocorre a diminuição da degradação proteica *pos mortem* em animais maduros, é o resultado de uma menor atividade de μ -calpaina total em relação a de atividade da calpastatina, bem como a atividade da calpastatina, que é mais estável durante o processo de envelhecimento *pos mortem* (Cruzen et al., 2014). Dessa forma podem afetar o desenvolvimento da maciez durante a conversão post-mortem de músculo em carne.

2.2.4 Raça

Existem também diferenças fisiológicas entre raças que podem ser suficientes para resultar em alteração da qualidade do produto cárneo. O componente racial impacta na maciez de carne bovina (Alves et al., 2005; Muchenje et al., 2008). As variações na maciez da carne entre raças bovinas podem ser explicadas em boa parte pela genética do animal (46%), além do efeito do ambiente (54%) (Koohmaraie, 1995). Diferença entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus taurus* tem sido identificada, com o primeiro grupo apresentando maiores problemas com inconsistência da maciez, o que torna a carne de qualidade inferior (Whipple et al., 1990).

Historicamente, a carne dos zebuínos (*Bos indicus*) era identificada como dura devido ao abate tardio dos animais decorrentes do sistema extensivo de terminação em pasto quando comparados com as raças precoces de bovinos britânicos ou europeus terminados em sistema intensivo (Alves; Mancio, 2007). Esta menor maciez da carne dos zebuínos poderia ser justificada pela alta correlação positiva entre a idade de abate dos animais e o número de ligações cruzadas termoestáveis do colágeno dos músculos, favorecendo a dureza da carne (Listrat; Hocquette, 2005).

Outro dos fatores que podem influenciar a menor maciez da carne de zebuínos em relação a taurinos, é a proteólise reduzida das proteínas miofibrilares associada à alta atividade de calpastatina nos músculos (Whipple et al., 1990; Camou et al., 2007). A participação crescente de genes de *Bos indicus* em cruzamentos com *Bos taurus*, normalmente tem sido associada à diminuição da maciez da carne devido à maior atividade de calpastatina na carne de *Bos indicus* e suas cruzas (Sensky et al., 2001).

As raças também diferem quanto às curvas de crescimento dos tecidos e, conseqüentemente, ao menor ou maior acúmulo de gordura, ou ainda, quanto ao peso e espessura dos músculos ou cortes cárneos a um determinado peso de carcaça. Essas características são interligadas aos atributos visuais e organolépticos da carne (Jeleníková et al., 2008). A carne proveniente de animais taurinos pode ser considerada de qualidade superior quando comparada a de animais zebuínos, pela avaliação do sistema de qualidade

norte-americano (USDA Quality Grade) (Koch, Dikeman e Crouse, 1982), basicamente por produzir carcaça mais magra e com menor grau de marmorização.

2.2.5 Condição sexual

O efeito da condição sexual tem se mostrado altamente determinante de diferenças no crescimento e nas taxas de deposição dos diferentes tecidos corporais (Berg; Butterfield, 1976; Owens et al., 1995). Sendo assim a característica sexual do animal influencia a composição do ganho de peso e a composição da carcaça e, por conseguinte, a maciez da carne. Animais de sexos diferentes chegarão ao ponto de abate (mesmo grau de acabamento da carcaça) em pesos ou idades diferentes (Berg; Butterfield, 1976; Owens et al., 1995).

Normalmente, os animais castrados e as fêmeas apresentam pior desempenho, maior deposição de gordura e melhores características de qualidade de carne em comparação aos animais não castrados (Seideman et al., 1982). O menor peso das carcaças de fêmeas está relacionado ao fato de que estas depositam gordura mais precocemente, diminuindo assim a velocidade de crescimento (Berg; Butterfield, 1976), em função do período estral (Choi et al., 2002). Machos não castrados apresentam taxa de crescimento em torno de 10 a 20% superior aos machos castrados e às fêmeas, desde que mantidos em condições que lhes permitam expressar seu potencial de crescimento (Seideman et al., 1982).

A condição sexual dos animais também pode influenciar a maciez da carne, pois em alguns estudos mostram que machos inteiros apresentam maior atividade de calpastatina, causando a inibição das calpaínas, afetando negativamente o processo proteolítico e por consequência a maciez (Morgan et al 1993; Wheeler et al 1990). Animais castrados apresentam frequentemente carne mais macia que os não castrados. A explicação para esta diferença ocorre porque animais castrados têm menor quantidade de tecido conjuntivo e colágeno, mais gordura subcutânea que diminui o encurtamento das fibras pelo frio ("cold shortening"), melhorando a maciez (Monin; Ouali, 1991; Luchiari Filho, 2000). A diferença de maciez entre animais castrados e não castrados aumenta após os 16 meses de idade (Monin; Ouali, 1991).

2.3 Qualidade sensorial

2.3.1 Análise sensorial

A qualidade sensorial da carne é impactada por uma série de fatores como genética, condições de manejo/abate e processamento, como discutido anteriormente, além do tipo de carne/corte utilizado para a elaboração dos produtos. Medir o impacto de cada um desses

fatores na qualidade final do produto é papel da análise sensorial (Michel; Punter; Wismer, 2011).

A análise sensorial engloba um conjunto de instrumentos e procedimentos que tem como principal objetivo estudar as percepções, sensações e reações que o consumidor sente frente aos produtos, que levarão à aceitação ou rejeição (Lanzillotti, 1999). Ela possibilita a identificação das propriedades e características relativas à qualidade sensorial, utilizando metodologia na coleta de dados e processamento dos mesmos em métodos estatísticos, que auxiliam na interpretação dos resultados sobre o alimento em estudo (Minim, 2010). Dessa forma tem se mostrado importante na indústria de alimentos (Minim, 2013), pois é o consumidor quem indica a qualidade que espera do produto, a fim de atingir sua satisfação (Dutcosky, 2011).

A característica sensorial da carne adquire especial importância, sendo mesmo imprescindível, em pesquisa que tenha como objetivo analisar a influência dos diferentes fatores produtivos ou tecnológicos sobre o produto final e sua aceitabilidade. Sendo assim análise sensorial é uma poderosa ferramenta para avaliar atributos que ainda não podem ser medidos objetivamente com análises instrumentais, tais como aroma e sabor, bem como textura (maciez e suculência), cuja percepção humana é mais completa (Sañudo, 2004).

2.3.2 Atributos sensoriais

O controle de qualidade da carne bovina, mais particularmente de seus atributos sensoriais (maciez, sabor, aroma e suculência), é importante para os produtores e comercializadores para satisfazer as preferências do consumidor (Nassu et al., 2010), sendo fundamentais no momento da venda e do consumo (Osório et al., 2009).

Os consumidores valorizam o sabor da carne tanto quanto a maciez (Huffman et al., 1996; Neely et al., 1998; Egan et al., 2001; Umberger et al., 2002). E os brasileiros cujo hábito alimentar envolve o consumo de carne de animais *Bos indicus*, provavelmente minimizando a influência da maciez na apreciação geral, pode estar mais interessado no atributo sabor (Delgado et al., 2006). Para essa característica sensorial, o preparo da carne é fundamental no desenvolvimento dos atributos, sendo pouco marcantes na carne crua e intensificando-se pela produção de vários compostos voláteis, durante o cozimento (Varmam; Sutherland, 1998). O desenvolvimento do sabor e aroma (“flavour”) depende de algumas premissas: 1) quanto é produzido de determinados compostos; 2) quando o odor inicia; 3) qual a concentração mínima detectada pelo nariz (Warriss, 2000). Dois processos podem contribuir para a geração do sabor e aroma na carne cozida, sendo: 1) a reação de redução

entre açúcar e aminoácidos que recebe o nome de reação de Maillard: 2) o efeito do aquecimento dos lipídios da carne, onde o sabor-aroma produzido pode ser bom ou ruim, sendo indesejável quando ocorre a oxidação dos lipídios (Warriss, 2000).

A oxidação de lipídios é um processo autocatalítico que ocorre em alimentos e membranas biológicas, resultando numa deterioração significativa da qualidade da carne por meio da rancificação das gorduras (Houben et al., 1998). Os responsáveis pela maior parte da oxidação dos lipídios são os radicais livres. Porém outros fatores podem promover a oxidação de lipídios, que incluem componentes metabólicos tais como mioglobina, hemoglobina e metais de transição (ferro, por exemplo), os quais são liberados durante a maturação da carne, importantes causas da rejeição pelo consumidor (Buckley et al., 1995).

Os atributos sensoriais podem ser influenciados pela gordura intramuscular (marmorização) da carne, considerada uma característica importante, pois, está relacionada, com as possíveis percepções do consumidor (Costa et al., 2002). Portanto, a função da gordura na carne também está relacionada às suas características sensoriais principalmente suculência e maciez (Philippi, 2006). A suculência é a impressão de umidade durante as primeiras mastigações e é produzida pela rápida liberação de fluido da carne (Weir, 1960). Embora o sabor da carne seja uma combinação de gosto e odor, a suculência também influencia a percepção de sabor pelo consumidor (Khan; Jo; Tariq, 2015). A umidificação durante o processo de mastigação está relacionada com a capacidade de retenção de água (CRA), bem como pela marmorização na carne, ambas favorecendo uma sensação de suculência na carne (Costa et al., 2010; Sañudo et al., 2000). A liberação rápida dos sucos presentes na carne mais macia aumenta a salivagem e conseqüentemente, a sensação de suculência (Cross, 1999). Dessa forma a suculência e a maciez estão intimamente relacionadas.

2.3.3 Textura/maciez

A maciez de um alimento pode ser definida como a manifestação de seus elementos estruturais à mastigação e resistência à aplicação de uma força (Szczeniak, 1986). Sendo assim textura é uma propriedade sensorial dos alimentos que expressa todas as sensações características de atributos mecânicos, geométricos e superficiais de um produto, perceptíveis por meio de receptores mecânicos e táteis e, se apropriados, visuais e auditivos.

A textura da carne é referida usualmente como maciez. De todos os atributos de qualidade sensorial da carne, a maciez é considerada como a mais importante pela média dos consumidores (Lawrie, 2005; Koohmaraie; Geesink, 2006), sendo também declarada como

relevante para consumidores brasileiros (Delgado et al., 2006). Além disso, consumidores de determinados mercados relevantes de carne estão dispostos a pagar mais por uma carne bovina in natura que tenha garantia de maciez (Boleman et al., 1997; Koohmaraie; Geesink, 2006; Troy; Kerry, 2010).

A maciez da carne está associada à estrutura do tecido muscular, às propriedades bioquímicas das fibras musculares esqueléticas, especialmente as miofibrilas e seus filamentos intermediários, e ao tecido conjuntivo intramuscular, representado pelo endomísio e perimísio, os quais são compostos de fibras de colágeno (Bailey; Light, 1989). Quando este colágeno é aquecido, ocorre a quebra das ligações de hidrogênio, induzindo ao encolhimento das fibra de colágeno que é seguido por solubilização e gelatinização (Aktas, 2003).

A maciez da carne pode ser medida por meio subjetivo ou objetivo. O método subjetivo se utiliza de painel sensorial em que um grupo de pessoas treinadas ou consumidores comuns classificam a carne em relação à maciez após terem provado as amostras. O método objetivo mede a força de cisalhamento, ou seja, a força necessária para se cortar a fibra da carne e, quanto maior a força dispensada, menor é a maciez apresentada pelo corte de carne. Estes dois métodos possuem alta correlação entre si (Bouton et al., 1971). Estudo realizado com consumidores brasileiros mostrou, que estes são capazes de perceber diferenças entre bifes macios e duros, classificados pela força de cisalhamento (Delgado et al., 2006).

2.4 Características extrínsecas

2.4.1 Perfil do consumo do consumidor brasileiro de carne bovina

A carne bovina está presente no cotidiano da população brasileira, seu consumo é cultural, uma vez que é utilizada de forma prática, econômica e versátil, exprimindo comodidade ao consumidor (Barcellos et al., 2012). O consumo médio por habitante foi de pouco mais de 37 quilos de carne bovina em 2017, e as expectativas são de crescimento do mercado pelo aumento da população (ABIEC, 2018). Concomitante com esse cenário é importante estudar o comportamento do consumidor, pois assume um papel central nas decisões estratégicas corporativas das empresas produtoras e processadoras de carne bovina. Contudo são raras pesquisas no país que estudam de forma profunda o comportamento do consumidor desse produto (Mazzuchetti; Batalha 2005).

Ao analisar o comportamento de consumo e de compra de carnes, é possível inferir que a carne bovina é a mais consumida (82%) por consumidores com faixa de renda entre 3 a 10 salários mínimos, correspondendo a um nicho peculiar de consumidores de carne, em que

84% dos avaliados consomem este produto diariamente. Além disso, o consumo específico de carne bovina pode ser considerado alto, uma vez que 45% destes consomem diariamente (Brandão et al., 2012). Dados semelhantes foram apresentados por Delgado et al. (2006), os quais identificaram que a carne de preferência dos consumidores era a bovina e que seu consumo ocorria entre o diário e três vezes por semana.

No momento da compra diversos fatores são considerados pelos consumidores no momento da aquisição da carne sendo eles: preço, cor, corte, teor de gordura e embalagem. Esses fatores são importantes na avaliação da qualidade da carne, porém, após a compra, atributos sensoriais como suculência, maciez e sabor irão determinar se o consumidor voltará a comprar o produto (Daguer, 2009).

No processo da escolha do produto estudos observaram que, para as classes A e B, valem mais suas qualidades sensoriais, seguidas de validade e aparência. No caso da classe C, a ordem se dá por aparência, validade e preço, enquanto para a classe D, a sequência se constitui de preço, validade e aparência (Mazzuchetti; Batalha, 2005). Com relação ao gasto com carne bovina, a classe alta tem um gasto maior com carne de primeira (3,93% contra 2,43% da mais baixa), enquanto a classe de renda mais baixa gasta um percentual maior com carne de segunda (4,47% contra 1,06% da mais alta) percentuais esses referentes as despesas com alimentação, sendo assim as perspectivas do aumento de consumo de carne estão alinhadas quanto ao aumento da renda financeira das famílias (IBGE, 2013).

Observa-se um aumento no consumo de carne bovina em épocas festivas, como as festas de final de ano e recebimento do 13º salário (IBGE, 2013). Assim, a carne bovina, preferida entre os brasileiros, segue na disputa pela liderança e bate recordes de abate e peso de carcaça no Brasil (IBGE, 2013). Entretanto, o consumo de carne bovina é menor em relação as outras quando analisada o consumo fora da residência. Isso pode indicar que o brasileiro vê praticidade no preparo de cortes bovinos, utilizando-os com mais frequência em casa (Brandão et al., 2012).

As maiores aquisições de carne bovina ocorrem nas regiões Sul e Norte (21,2 kg em ambas) e as menores, no Nordeste e Sudeste (14,2 kg em ambas), enquanto o consumo no Centro-Oeste (17,6 kg) aproxima-se da média nacional (16 kg). Por estado, as maiores aquisições de carne bovina são verificadas em Rondônia (27,2 kg) e Rio Grande do Sul (26,1 kg), e as menores, na Paraíba (10,2 kg) e Ceará (11,3 kg), quantidades adquiridas anualmente para consumo no domicílio, em quilogramas (IBGE, 2016).

Diante disso, mesmo com pequeno fluxo de informações em âmbito nacional, o perfil do consumidor brasileiro se mostra bastante variável.

2.5 Sistemas de avaliação da carcaça para predição da qualidade organoléptica da carne

2.5.1 Sistema brasileiro de classificação de carcaça

Devido à diversidade de raças, condição sexual, idade e sistemas de terminação dos animais abatidos no Brasil, e na tentativa de regulamentar comercialização, criou-se o sistema brasileiro de tipificação de carcaças. O sistema de classificação/tipificação de carcaças deve ser encarado como forma de padronização da linguagem utilizada nos elos da cadeia da pecuária bovina, objetivando converter as demandas do consumidor em orientações para técnicos e pecuaristas (Felicio, 1999).

A Portaria n° 612 de 05 de outubro de 1989 descreve o Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas, que obedece a parâmetros como sexo-maturidade, conformação, acabamento e peso. O Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas (Brasil, 1989) é dividido em duas avaliações, a classificação e a tipificação. A classificação é o agrupamento dos animais em diferentes classes, geralmente considerando a idade e o sexo.

Na tipificação, são realizadas as avaliações de sexo, maturidade, conformação, acabamento e peso de carcaça (tabela 1). O sexo é verificado através da observação dos caracteres sexuais e a maturidade fisiológica pelo exame dos dentes incisivos e, somente quando necessário o exame será complementado com a verificação da calcificação das cartilagens, especialmente das apófises espinhosas das vértebras torácicas. Estabelecem-se três categorias: (M) machos inteiros; (C) machos castrados; fêmeas (F) fêmeas bovinas.

Para a maturidade, as categorias são: Dente de leite (0) - animais com apenas a primeira dentição (sem queda das pinças); Dois dentes (2) - Quatro dentes (4) - animais com até quatro dentes incisivos permanentes (sem queda dos segundos médios da primeira dentição); Seis dentes (6): animais com mais de 4 e até 6 dentes incisivos permanentes (sem queda dos cantos da primeira dentição); e oito dentes (8) - animais com mais de seis dentes incisivos permanentes.

De acordo com o sistema (Brasil, 1989), a conformação visa avaliar o desenvolvimento das massas musculares através da verificação dos perfis musculares de determinadas regiões anatômicas da carcaça, sendo definidas as seguintes categorias: Carcaças convexas (C); carcaças subconvexas (Sc); carcaças retilíneas (Re); carcaças sub-retilíneas (Sr); e carcaças côncavas (Co).

Quanto ao acabamento as categorias definidas quanto a presença de gordura subcutânea em: 1 - magra (gordura ausente); 2 - gordura escassa (1 a 3 mm de espessura); 3 -

gordura mediana (acima de 3 e até 6 mm de espessura); 4 - gordura uniforme (acima de 6 e até 10 mm de espessura); e 5 - gordura excessiva (acima de 10 mm de espessura).

Tabela 1. Esquema simplificado de classificação de carcaças conforme a Portaria n. 612. (Brasil, 1989).

Dentição (d.i.p)	Macho	Castrado	Fêmea
0	Jovem (tipo B)		
2		Jovem (tipo B)	Jovem (tipo B)
4			
6	Adultos (tipo I e L)	Intermediário (Tipo R)	Intermediário (Tipo R)
8		Adultos (tipos S,I e L)	Adultos (tipos S,I e L)

Observações: 1) Conforme as letras da palavra BRASIL, Fonte (BRASIL,1989);
d.i. p= dentes incisivos permanentes.

Em relação a classificação por peso, o sistema determina que o peso refere-se ao peso de carcaça quente, obtido logo após o abate dos animais. Assim, os animais são classificados de acordo com as seguintes categorias, a partir de limites mínimos estabelecidos:

- B: macho de 210 kg e fêmea de 180 kg;
- R: macho de 220 kg e fêmea de 180 kg;
- A: macho de 210 kg e fêmea de 180 kg;
- S: macho de 225 kg e fêmea de 180 kg;

Tabela 2. Tipificação com as letras da palavra BRASIL e as restrições de acabamento e conformação.

Tipo	Acabamento	Conformação mínima
B	Escassa, mediana e uniforme	Retilínea
B° (Hilton)	Escassa e mediana	Retilínea
R	Escassa, mediana e uniforme	Subretilínea
A	Ausente e excessiva	Subretilínea
S e I	Todas	Subretilínea
L	Todas	Côncava

Obs.: 1) B° (B bola) foi concebido para exportação pela Cota Hilton, exclui carcaças com acabamento uniformes; 2) Na prática seriam identificados com carimbo ou etiqueta os tipos B, Bo e R, porque os demais (A, S, I e L) enquadrariam vacas, touros e gado leiteiro que, em geral, levam a descontos nos frigoríficos, porque tem peso muito baixo, magreza ou gordura excessiva.

Esse sistema brasileiro de classificação de carcaças é do tipo descritivo, ou seja, uma classificação mais simples, o que muitas vezes não considera grande heterogeneidade da produção de carne bovina e do mercado consumidor no Brasil (Rocha 2007). Ademais, este sistema está enviado pela apreciação de “qualidade da carcaça” baseada em rendimento de cortes magros, e não em parâmetros que estejam diretamente relacionados à qualidade organoléptica da carne bovina brasileira, isto é, com particularidades dos sistemas de produção e do consumidor da carne.

2.5.2 Sistema Meat Standards Australia (MSA)

2.5.2.1 Desenvolvimento do MSA

Em meados dos anos 90 surgiu um planejamento estratégico da indústria da carne australiana. Seguindo uma pesquisa detalhada do consumidor devido a um declínio contínuo no consumo de carne bovina, foi identificado a necessidade de melhorar a qualidade organoléptica como uma prioridade para investimentos. Pesquisas sobre as preferências dos consumidores foram seguidas do desenvolvimento do Meat Standards Austrália (MSA; Aus-Meat, 2003).

O MSA foi desenvolvido pela indústria australiana de carne vermelha para melhorar a consistência da qualidade ao consumo da carne bovina. O sistema baseia-se em mais de 700.000 testes sensoriais realizados por 100.000 consumidores, de nove países ao longo dos últimos anos, e leva em consideração todos os fatores que afetam a qualidade ao consumo dos cortes e combinações de cozimento dentro destes cortes (MLA, 2016). Estabeleceram-se relações entre características avaliadas nos animais e nas carcaças, técnicas de processamento *post mortem* (abate, resfriamento, desossa), métodos de cocção e o grau de satisfação dos consumidores com a carne (MLA, 2007).

A classificação da carcaça no MSA é dada através da análise de características do animal para as quais são atribuídas pontuações. Cada carcaça é identificada com um “ticket” e sua avaliação é enviada para um software que armazena as informações de todas as carcaças usadas (MLA, 2007). Esses animais são avaliados em diversas características da carcaça, os parâmetros são: raça, condição sexual, maturidade fisiológica, altura de cupim, conformação, marmorização, gordura subcutânea, pH e avaliação de acabamento de gordura (feita pela medida P8), que está localizada na garupa entre o íleo e o ísquio, na parte dorsal da terceira vértebra sacral de preferência (MLA, 2007; Polkinghorne, 2010).

Os primeiros estudos de pesquisa da MSA procuraram estabelecer padrões de referência para o consumidor na avaliação do impacto de pontos críticos de controle (PCC) conhecidos ou propostos, desde o melhoramento até o consumo, para determinar o valor preditivo dos insumos de classificação tradicionais e potenciais. O MSA usou o sistema de testes de análise sensorial, em larga escala, com consumidores. Isto permitiu que os efeitos dos pontos críticos de controle fossem quantificados e hierarquizados quanto ao seu potencial de impacto na palatabilidade da carne, e assim sendo incorporados em um modelo preditivo (Polkinghorne et al., 2008a).

A decisão do MSA em usar análise sensorial com consumidores foi baseada na necessidade de se ter um sistema de teste de amostras confiável e transparente, que gerasse

credibilidade tanto na indústria da carne como nos consumidores. Assim, os testes sensoriais usado pelo MSA foram baseados em protocolos existentes em estudos nas universidades da Austrália e, também, dos EUA (Aus-Meat, 2010).

Em dez anos operando, os benefícios acumulados do MSA atingiram 523 milhões de dólares australianos (Griffith e Thompson, 2012). Em 2015, o programa australiano pagou \$185 milhões em gratificações aos produtores aderidos ao programa, com rendimento adicional por animal jovem a pasto de \$91,41, em comparação aos produtores não-associados. O desenvolvimento do MSA mostrou ser uma ferramenta útil para a avaliação da palatabilidade da carne bovina em um ambiente comercial (MLA, 2016).

2.5.2.2 Descrição e modelo de previsão da palatabilidade

Para avaliar as carnes, os consumidores classificam as amostras através de notas de 0 a 100, para quatro características sensoriais: maciez, suculência, sabor e satisfação geral. Além disso, os consumidores classificavam cada amostra nos seguintes graus de qualidade: insatisfatório (sem grau); bom para todos os dias (3 estrelas); muito bom (4 estrelas); e qualidade excelente (5 estrelas) (Watson et al. 2008).

Para gerar um único escore que descreve toda a experiência dos consumidores durante o teste sensorial, os quatro atributos sensoriais foram combinadas em um único escore de qualidade de carne (MQ4), ponderando escores de maciez, suculência, sabor e de satisfação geral por 0,4, 0,1, 0,2 e 0,3, respectivamente. Estas ponderações foram derivadas de uma análise discriminante (Watson et al., 2008).

O índice MQ4 está relacionado com os graus de qualidade divididos em insatisfatório (sem grau), bom para o dia a dia (3 estrelas), muito bom (4 estrelas) e qualidade excelente (5 estrelas). Uma análise discriminante determinou as pontuações do MQ4 relacionadas aos limites entre cada um dos graus de qualidade; ou seja, $MQ4 = 45,5$ entre as categorias não-classificado e 3 estrelas, $MQ4 = 63,5$ entre as categorias de 3 e 4 estrelas e $MQ4 = 76,5$ entre as categorias de 4 e 5 estrelas (Watson et al., 2008). Desta forma, existe um certo grau de aderência entre o predito pelo modelo e o avaliado pelos consumidores (Tabela 3).

Tabela 3. Capacidade do modelo para classificar os cortes

Nota predita pelo modelo	Nota do Consumidor				Total %
	Não classif.	3 estrelas	estrelas	5 estrelas	
Não classif.	68	29	3	0	100
3 estrelas	24	50	23	4	100
4 estrelas	2	25	49	23	100
5 estrelas	0	5	32	63	100

Fonte: Thompson (2002).

O modelo de predição MSA foi desenvolvido usando uma abordagem de regressão múltipla em que as variáveis de entrada dos setores de produção, processamento e agregação de valor foram incluídas em um modelo para prever a palatabilidade de músculos individuais (Polkinghorne et al. 2008b).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Classificação das carcaças no frigorífico

As primeiras informações coletadas antes do abate foram raça e cruzamento (grau de sangue zebu) e sistema de terminação (pasto ou confinamento) dos animais. Durante a linha de abate foram coletadas as seguintes informações: categoria sexual (macho inteiro, macho castrado e fêmea), peso de carcaça quente e dentição (avaliada, antes da retirada da cabeça, para evitar perda de identificação do animal).

Foram avaliadas 30 carcaças, 22 nelore e 8 cruzados Angus x Nelore que compreendem as três condições sexuais: fêmea (10 Nelore e 8 Angus x Nelore), macho castrado (6 Nelore) e macho inteiro (6 Nelore).

- Idade foi avaliada através da dentição de acordo com a quantidade de dentes incisivos permanentes, que variam entre 0 a 8 (tabela 4).

Tabela 4. Idade de eupção dos dentes incivos permanentes de acodo com a idade dos bovinos.

Nº de dentes permanentes	Idade (meses) aproximada de erupção	
	Zebuinos	Taurinos
0	> 20	> 18
2	20-24	18-28
4	30-36	24-31
6	42-48	32-43
8	52-60	36-56

(Bridi, 2002; Sainz, 2001).

Posteriormente as carcaças foram transferidas para câmaras de resfriamento. Nesse momento foram realizadas as avaliações de: conformação, acabamento, comprimento e largura de carcaça, espessura de gordura sobre a picanha (sítio P8), ossificação, pH final e temperatura.

- Conformação: relaciona-se a proporção carne/osso, onde as carcaças foram classificadas visualmente em: Convexa (C), subconvexa (Sc), retilínea (R), sub-retilínea (Sr) e Concova (Co).
- Acabamento: foi realizada de forma visual com o auxílio de um escore de acabamento, com atribuição de pontuações de 1 a 9 (1 - gordura ausente; 2, 3, 4 - escassa; 5, 6, 7 - mediana; 8 - uniforme e 9 - gordura excessiva).
- Comprimento e largura de carcaça: foram medidas com o auxílio de uma fita métrica, o comprimento corresponde à distância da borda anterior do osso púbis ao bordo

cranial medial da primeira costela. A largura compreende da borda inferior do esterno ao bordo inferior do canal medular entre a quinta e sexta vértebra dorsal.

- Espessura de gordura sobre a picanha (sítio P8): localizada na garupa no ponto de intersecção de uma linha imaginária paralela a coluna vertebral partindo do ísquio e outra linha perpendicular à coluna vertebral partindo da terceira vértebra sacral, medida com auxílio de paquímetro.
- Ossificação: avaliação era feita na região sacral, em seguida na região lombar e por fim na região torácica, onde eram atribuídas as pontuações de 100 a 590, com variação de cada 10 pontos (100-160 animal jovem, 170-350 maturidade intermediária e 370-590 animal com maturidade fisiológica avançada).
- Foi avaliada a taxa de resfriamento das carcaças e queda de pH. A temperatura e pH final na carcaça foram obtidos no músculo *Longissimus* às 24 horas *post mortem*. Para esse monitoramento foram utilizados *data loggers*.

A estatística descritiva de cada ensaio estão apresentadas nas tabelas de 5 a 9. Mostrando a padronização das características carcaças dentro de cada ensaio. Em que a média no número dentes variou de 0,7 a 4,3. Média de ossificação foi de 148 a 235. A marmorização a média variou de 141 a 295 e média de EGS foi de 2,2 a 53 mm.

Tabela 5. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas no ensaio 1.

Variável	C.sexual	G.G	n	Media	DP	Mínimo	Máximo
Nº dentes	MI	Nelore	6	1,3	1,6	0	4
Ossificação	MI	Nelore	6	208,3	76,3	140,0	330,0
Marmorização	MI	Nelore	6	175,0	90,5	100,0	310,0
EGS (mm)	MI	Nelore	6	3,2	0,9	1,5	4,0

C.sexual=condição sexual; G.G= grupo genético; MI= macho inteiro; EGS= espessura de gordura subcutânea; marmorização= escore de 100-1100 (MSA); ossificação= pontuações de 100-590 (MSA).

Tabela 6. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas no ensaio 2.

Variável	C. sexual	G.G	N	Media	DP	Mínimo	Máximo
Nº dentes	MC	Nelore	6	4,3	0,8	4	6
Ossificação	MC	Nelore	6	148,3	7,5	140,0	160,0
Marmorização	MC	Nelore	6	141,6	42,6	100,0	110,0
EGS (mm)	MC	Nelore	6	2,2	0,9	1,0	3,3

C.sexual= condição sexual; G.G= grupo genético; MC= macho castrado; EGS= espessura de gordura subcutânea; marmorização= escore de 100-1100 (MSA); ossificação= pontuações de 100-590 (MSA).

Tabela 7. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas do ensaio 3

Variável	C.sexual	G.G	N	Media	DP	Mínimo	Máximo
Nº dentes	Fêmea	AxN	6	0,7	1,0	0	2
Ossificação	Fêmea	AxN	6	166,6	20,6	140,0	180,0
Marmorização	Fêmea	AxN	6	295,0	98,5	190,0	450,0
EGS (mm)	Fêmea	AxN	6	5,3	2,1	3,0	8,0

C.sexual= condição sexual; G.G= grupo genético; AxN = F1 Angus x Nelore; EGS= espessura de gordura subcutânea; marmorização= escore de 100-1100 (MSA); ossificação= pontuações de 100-590 (MSA).

Tabela 8. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas no ensaio 4.

Variável	C.sexual	G.G	N	Media	DP	Mínimo	Máximo
Nº dentes	Fêmea	Nel /AxN	6	3,3	3,7	0	8
Ossificação	Fêmea	Nel /AxN	6	235,0	116,9	150,0	400,0
Marmorização	Fêmea	Nel /AxN	6	150,0	61,0	100,0	270,0
EGS (mm)	Fêmea	Nel /AxN	6	3,7	1,3	2,2	6,0

C.sexual= condição sexual; G.G= grupo genético; Nel = nelore (4 carcaças); AxN= F1 Angus x Nelore (2 carcaças); EGS= espessura de gordura subcutânea; marmorização= escore de 100-1100 (MSA); ossificação= pontuações de 100-590 (MSA).

Tabela 9. Estatística descritiva das características das carcaças utilizadas no ensaio 5.

Variável	C.sexual	G.G	N	Media	DP	Mínimo	Máximo
Nº dentes	Fêmea	Nelore	6	0,7	1,0	0	2
Ossificação	Fêmea	Nelore	6	173,3	16,3	140,0	180,0
Marmorização	Fêmea	Nelore	6	161,6	45,3	100,0	220,0
EGS (mm)	Fêmea	Nelore	6	3,6	1,5	1,3	5,3

C.sexual= condição sexual; G.G= grupo genético; EGS= espessura de gordura subcutânea; marmorização= escore de 100-1100 (MSA); ossificação= pontuações de 100-590 (MSA).

3.2 Preparação das amostras no laboratório

No período pós-rigor, 24 horas após o abate, foi retirado o músculo *Longissimus thoracis* (situados entre a 5° e 13° costela), para análises no laboratório.

- Cor carne e gordura: análise da cor foi feita de forma subjetiva com o auxílio de um padrão (figura 3) de referência para notas de cor de carne e de gordura (paleta de cores). Para esta avaliação o *Longissimus* era exposto ao oxigênio durante 20 minutos em temperatura refrigerada. Era assinalada a cor mais escura mais próxima da cor da carne e da gordura.

Figura 3. Paletas para avaliação de cores de gordura intermuscular e da carne, imagem ilustrativa.

- Área de olho de lombo (AOL): A avaliação foi realizada através do desenho da área de olho de lombo, feito entre a 12/13ª costela (*Longissimus*). O desenho era feito com caneta permanente em folha de papel vegetal e em seguida medido por uma grade plástica quadriculada, que é encaixada dentro do desenho e cada quadrado mede 10x10 mm, que possibilita a obtenção da área total.
- Marmorização: avaliação foi realizada no músculo *Longissimus* com o auxílio do catálogo como os padrões do MSA (Figura 4). O escore varia de 100 a 1100 com aumentos de 10 unidades (100 apenas traços de gordura intramuscular e 1100 gordura intramuscular extremamente abundante).
- Espessura de gordura subcutânea (*Longissimus*): essa avaliação era realizada com o auxílio de um paquímetro digital na região a $\frac{3}{4}$ da distância medida sobre a parte dorsal do músculo a partir da linha média da carcaça.

Todas essas informações foram coletadas para realizarmos a pradronização das carçacas dentro de cada ensaio, para minimizar os efeitos dessas cacteristicas, com a finalidade de observar apenas os efeitos da maturação, grupo genético e condição sexual, que foram os objetivos do estudo.

Após as avaliações foram retirados os bifes de cada peça, foram cortados com mesma espessura de 2,5 cm, embalados a vácuo, identificados com data e local do abate e armazenados na câmara de resfriamento a 2° C, onde foram maturados nos seguintes tempos 5, 15 e 30 dias. Após o tempo de maturação as amostras eram armazenadas em câmara de congelamento até a realização dos testes sensoriais.

Figura 4. Padrões de referência e suas pontuações para marmorização da carne

3.3 Preparação das amostras para análise sensorial

Antes do teste sensorial, as amostras foram descongeladas por 24 horas em temperatura de 5 °C, apresentando temperatura inferior a 10 °C antes de serem preparadas. Antes de serem grelhadas, as carnes foram embebidas em salmoura 5% de NaCl durante 10 segundos. Então, as amostras foram grelhadas em churrasqueira à gás e tiveram a temperatura interna monitoradas por termômetros.

As amostras foram removidas das churrasqueiras ao atingirem a temperatura de 63°C no centro da massa do bife. Neste ponto, as carnes apresentaram-se com a características de carne preparada “ao ponto” com referência nos pradros de cocção da carne, como mostra a figura 5. Após o preparo as amostras foram acondicionas em potes fechados para manter a umidade, e em estufas para controlar e estabilizar a temperatura das amostras antes de serem fornecidas aos consumidores.

Figura 5. Padrões de referência com relação o ponto de cocção da carne

3.4 Testes Sensoriais

Os testes sensoriais iniciaram em abril de 2018 e foram finalizados em agosto de 2018. Neste período foram realizados 5 ensaios individuais e 180 consumidores de carne bovina participaram dos testes sensoriais. Para participação, os consumidores declararam possuir idade entre 18 e 70 anos, consumir carne pelo menos uma vez por semana, e preferir carne preparada ao ponto médio (ao ponto – identificação através de painel com fotos de bife em diferentes pontos de preparo figura 5). Todos os testes sensoriais foram realizados em Piracicaba-SP na ESALQ e supermercado, aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos (protocolo nº 68478017.9.0000.5395).

Os consumidores receberam sete amostras, sendo que a primeira amostra provada foi utilizada como amostra de referência (standardised benchmark). A amostra selecionada para esta função era uma das amostras pesquisadas com valores intermediários para característica de carcaça em estudo com 15 dias de maturação. Após provarem a amostra referência, os consumidores provaram as seis amostras da pesquisa.

Juntamente com as amostras os consumidores recebiam uma ficha de avaliação (figura 6) para cada amostra com escala semi-estruturada para: maciez, sabor suculência e satisfação

geral. Havia também uma questão para classificação da carne em: insatisfatório (identificada posteriormente como categoria 1), bom para o dia-a-dia (identificada posteriormente como categoria 2), e muito bom (identificada posteriormente como categoria 3) ou excelente (identificada posteriormente como categoria 4). Portanto, para cada amostra houve a coleta de 12 observações (considerada a unidade experimental) em cada região do músculo (cranial, intermediária e caudal) para satisfação geral, maciez, sabor e suculência, e uma classificação para categoria da qualidade da carne.

PRODUTO :

Maciez

Não Macia |-----| Muito Macia

Suculência

Não Suculenta |-----| Muito Suculenta

Sabor/Aroma

Desgostei extremamente |-----| Gostei Extremamente

Satisfação geral

Desgostei extremamente |-----| Gostei Extremamente

Por favor, marque ☒ uma das opções seguintes que melhor descreve a amostra de carne que você provou.

Escolha apenas uma opção:

Insatisfatório ☐

Qualidade boa para o dia-a-dia ☐

Qualidade muito boa ☐

Qualidade excelente ☐

Figura 6. Ficha de avaliação para cada amostra de carne

3.5 Desenho experimental dos testes sensoriais

Foram realizados 5 ensaios com desenho experimental em quadrado latino 6 x 6 (Figura 7), seis consumidores e seis produtos (amostras de diferentes carcaças). Cada ensaio teve três repetições, e em cada repetição foi testada uma porção do músculo *Longissimus* (cranial, intermediário e caudal, situados entre a 5° e 13° costela) de duas carcaças. Cada

ensaio teve a participação de 36 consumidores de carne, divididos em três repetições, que por sua vez foram divididos em dois grupos (6 pares em cada etapa). Neste arranjo experimental cada amostra foi analisada por 36 consumidores.

Figura 7. Ilustração do desenho experimental utilizado para os testes sensoriais com mensuração dos efeitos das características de carcaças sobre a qualidade sensorial das carnes bovinas

As amostras foram distribuídas em quadrado latino balanceados para vizinhança, o qual considera os efeitos de posição do produto e residuais do teste sensorial (Sanches e Zocchi, 2010; MLA, 2011). Desta forma, todas as amostras foram provadas apenas uma vez em cada posição de avaliação, e foram precedidas e antecedidas por cada amostra apenas uma vez (figura 8).

1	2	3	4	5	6
2	4	1	6	3	5
3	1	5	2	6	4
4	6	2	5	1	3
5	3	6	1	4	2
6	5	4	3	2	1

Figura 8. Distribuição das amostras no quadrado latino, considerado coluna e linha como consumidor e posição de avaliação, e as amostras distribuídas dentro do quadrado latino.

3.5.1 Análise estatística

Para análise geral dos dados para verificar o efeito dos três tempos de maturação (5, 15 e 30 dias) nos atributos sensoriais (satisfação geral, maciez, suculência e sabor) foi calculada uma média das notas dos atributos sensoriais por tempo de maturação. Em cada ensaio foram feitas 12 avaliações por tempo de maturação. Foram considerados como efeitos fixos os tempos de maturação e efeitos aleatórios foram: carcaças, categoria sexual e tipo grupo genético.

Para análise com os dados das fêmeas, também foram feitas as médias das notas dos atributos sensoriais por animal/tempo de maturação. A partir disso foi realizada análise em arranjo fatorial 3 x 2, sendo três tempos de maturação e dois grupos genéticos (Nelore x F1 Angus e Nelore), no modelo considerou como efeito aleatório as carcaças e feitos fixos a interação entre as duas características. Na presença de interação entre tempo de maturação e grupo genético foi realizado o desdobramento através do procedimento SLICE. O nível de aceitabilidade dos atributos sensoriais da carne foram classificados, usando teste binomial, no qual as notas foram divididas em duas classes, estipuladas pelo autor como sendo aceitável (notas ≥ 60) e não aceitável (notas ≤ 50). Notas entre 51 e 59 foram descartadas.

Os dados foram analisados estatisticamente por meio do teste de médias de Tukey. Em todas as análises, as diferenças foram consideradas significativas quando $P \leq 0,05$, pelo procedimento MIXED do SAS (2002).

3.5.2 Desenvolvimento das equações

Foram realizados no total 5 ensaios para avaliar efeito maturação. Estes estudos foram formados de acordo com o perfil das amostras coletadas. Com dados das fichas de avaliação do teste sensorial foram realizadas análises para o desenvolvimento de um índice qualidade (uma única pontuação) combinando informações das escalas de maciez (Mac), sabor (Sab), suculência (Suc) e satisfação geral (Sat) que descrevesse a satisfação do consumidor com o produto, e que estaria relacionada positivamente (maiores pontuações associadas a maiores categorias) com a classificação dada ao produto pelo consumidor (insatisfatório = 1, bom para o dia a dia = 2, muito bom = 3 e excelente qualidade = 4).

O índice foi desenvolvido utilizando análise de função discriminante linear canônica. A primeira equação canônica foi responsável por explicar 99% da variação dos dados. Desta forma, obtivemos a equação denominada de IQ-Maturação. A equação foi criada a partir do banco de dados da empresa Brazil Beef Quality-BBQ, portanto a equação original da palatabilidade da carne bovina é de propriedade da BBQ.

4. RESULTADOS

4.1 Perfil sociodemográfico

O perfil sociodemográfico dos consumidores que se disponibilizaram a participar dos testes sensoriais revelou que a maioria dos consumidores eram jovens profissionais com idade entre 18 a 35 anos (89,3%), sendo sua maioria composta de homens, 61,6% (Tabela 10).

Tabela 10. Características sociodemográficas dos consumidores (n=180).

Características		Estudo	*Brasil
		%	
Sexo	Homem	61,6	49,0
	Mulher	36,6	51,0
Idade	18-20	31,6	7,2
	21-35	57,7	22,1
	36-58	8,3	28,0
**Escolaridade	E.F. C/I	10,0	64,0
	E.M. C-S. I/C	39,4	24,3
	S.C	50,5	11,3
Classe social	A	35,5	2,7
	B1	16,6	5,0
	B2	26,6	18,1
	C1	15,0	22,9
	C2	4,4	24,6
	D/E	1,6	26,6

* IBGE, Censo Demográfico 2010.

**E.F.C/I= ensino fundamental incompleto ou completo; E.M-S.C I/C= ensino médio completo superior incompleto; SC= superior completo. A= renda média de 12,926 R\$; B1= 4,418 R\$; B2= 2,565 R\$; C1= 1,541 R\$; C2= 1,024 R\$; D/E= 714-477 R\$.

Diante disso, os consumidores amostrados não representam o padrão médio da demografia brasileira, em razão da maior parte dos estudos terem sido realizados na Escola Superior “Luiz de Queiroz”, na qual a população tem um maior nível de educação e classe social. Este cenário é importante para entender a percepção dos consumidores brasileiros sobre os atributos sensoriais da carne bovina maturada, em uma parcela da população que apresenta características sócio-econômicas que permitem agregação de valor por diferenças perceptíveis em qualidade.

4.2 Análise sensorial

Houve efeito dos tempos de maturação para todos os atributos sensoriais, onde as notas para 15 e 30 dias foram iguais e diferiram das notas para 5 dias de maturação ($P < 0,01$; tabela 11). Mostrando que houve melhora na qualidade da carne com o tempo de maturação, pois os consumidores atribuíram maiores notas para os tratamentos 15 e 30 dias de acondicionamento.

Tabela 11. Efeito da maturação nos atributos sensoriais, por consumidores, no músculo *Longissimus* de bovinos (n=180).

Variáveis	Dias de maturação			EPM	Valor de P
	5	15	30		
Maciez	45,66 ^b	57,73 ^a	62,87 ^a	1,89	<0,01
Sabor	51,34 ^b	57,22 ^a	57,26 ^a	2,44	<0,01
Suculência	48,43 ^b	54,48 ^a	56,60 ^a	1,69	<0,01
S.geral	51,41 ^b	58,88 ^a	57,80 ^a	1,73	<0,01

EPM= erro padrão da média; maciez (0 = não macia; 100 = muito macia); suculência (0 = Não suculenta; 100 = muito suculenta); satisfação geral (0 = desgostei extremamente; 100 = gostei extremamente; sabor (0 = desgostei extremamente; e 100 = gostei extremamente; ^{a,b} Letras na mesma linha diferem para $P < 0,01$.

Ao dividirmos as notas em duas categorias de aceitabilidade (tabela 12), pode-se observar, que todos os atributos foram considerados com baixo nível de aceitabilidade com 5 dias de maturação. Após 15 e 30 dias de acondicionamento, satisfação geral, maciez e sabor foram classificados com níveis mais altos de aceitabilidade. E a suculência foi penalizada em todos dos tempos de maturação.

Tabela 12. Nível de aceitabilidade de consumidores para atributos sensoriais no músculo *Longissimus* de bovinos submetidos a diferentes tempos de maturação, usando teste binomial¹.

Variáveis	Dias de maturação			EPM	Valor P
	5	15	30		
Maciez	14,58 ^b	69,85 ^a	87,58 ^a	8,78	<0,01
Sabor	27,74 ^b	67,73 ^a	65,30 ^a	13,85	0,02
Suculência	10,34 ^b	48,20 ^a	56,16 ^a	12,05	0,01
S.geral	31,26 ^b	77,43 ^a	73,79 ^a	9,88	<0,01

¹ Aceitável= notas ≥ 60 equivalente a 100%; Não aceitável = notas ≤ 50 – equivalente a 0%; EPM= erro padrão da média; maciez (0 = não macia; 100 = muito macia); suculência (0 = Não suculenta; 100 = muito suculenta); satisfação geral (0 = desgostei extremamente; e 100 = gostei extremamente; sabor (0 = desgostei extremamente; e 100 = gostei extremamente; ^{a,b,c} Letras na mesma linha diferem ($P < 0,05$).

Nos resultados dos efeitos da maturação nos atributos sensoriais da carne de fêmeas Nelore e F1 Angus x Nelore observa-se que, satisfação geral e maciez foram iguais entre si ($P>0,05$) para 15 e 30 dias de maturação e diferindo de 5 dias em amostras de Nelore (tabela 13). Neste grupo genético, houve diferença na avaliação de suculência entre 5 e 30 dias de acondicionamento, enquanto o atributo sabor não apresentou diferença entre os tempos de maturação.

Para as fêmeas F1 Angus x Nelore os valores das notas de 15 e 30 dias de acondicionamento foram iguais entre si ($P>0,05$) nos atributos de satisfação geral, suculência e sabor, porém superiores aos obtidos aos 5 dias de maturação. Para o atributo maciez, os três tempos de maturação apresentaram diferença entre eles ($P<0,01$).

Houve efeito da interação entre tempo de maturação e grupo genético para o atributo suculência ($P<0,03$). Para esse atributo quando foi comparado entre os dois grupo genético, 15 e 30 dias de maturação foram iguais e diferindo de 5 dias de acondicionamento. Os dois grupo genético diferiram ($P<0,05$) aos 5 dias maturação, no qual para as amostras de fêmeas Nelore foram atribuídas as maiores notas.

Tabela 13. Efeito da maturação na avaliação de atributos sensoriais, por consumidores, no músculo *Longissimus* em fêmeas Nelore e F1 Angus x Nelore (n=108).

Variáveis	Nelore			Angus x Nelore			EPM	Valor P		
	5	15	30	5	15	30		Mat	G.G	M*T
Maciez	47,90 ^b	59,45 ^a	62,92 ^a	41,94 ^z	56,87 ^y	63,56 ^x	1,99	<0,01	0,41	0,31
Sabor	53,90 ^a	58,05 ^a	57,25 ^a	46,63 ^y	56,06 ^x	55,00 ^x	1,64	0,01	0,17	0,20
Suculência	50,30 ^{Ay}	53,92 ^{Ax}	56,19 ^{Ax}	42,35 ^{By}	55,45 ^{Ax}	56,07 ^{Ax}	1,77	<0,01	0,46	0,03
S.geral	53,47 ^b	58,54 ^a	59,27 ^a	49,16 ^y	56,28 ^x	56,94 ^x	1,56	<0,01	0,24	0,79

EPM= erro padrão da média; Mat.= maturação; G.G= grupo genético; M*G.G= interação maturação x grupo genético; 5d,15d 30d= carne bovina maturada a vácuo e resfriada a 2°C; maciez (0 = não macia; 100 = muito macia); suculência (0 = Não suculenta; 100 = muito suculenta); satisfação geral (0 = desgostei extremamente; e 100 = gostei extremamente; sabor (0 = desgostei extremamente; e 100 = gostei extremamente; ^{a,b,c,y,x,z} Letras na mesma linha diferem ($P<0,05$); ^{A,B,C} Letras diferentes na coluna diferem na mesma linha diferem ($P<0,05$).

Nível de aceitabilidade para atributos sensoriais da carne de fêmeas Nelore e F1 Angus x Nelore, estão apresentados na tabela 14. Para os animais Nelore os atributos satisfação geral, maciez e sabor foram considerados satisfatório com 15 e 30 dias de maturação. No entanto, com 5 dias de maturação todos os atributos sensoriais apresentavam baixo nível de aceitabilidade. Suculência foi o atributo que apresentou baixo nível de aceitabilidade em todos os tempos de acondicionamento. A avaliação de maciez apresentou alto nível de aceitabilidade logo aos 15 dias de maturação, e satisfação geral e sabor também

atingiram altos níveis de satisfação geral a partir dos 15 dias, embora não tenha sido observada diferença com 5 dias nestes atributos.

Somente satisfação geral e maciez apresentaram alto nível de aceitabilidade com 30 dias de maturação para os animais F1 Angus x Nelore, embora em satisfação geral não tenha sido observada diferença entre os tempos de maturação. No caso da maciez, a aceitabilidade foi diferenciada apenas após 30 dias de maturação. Nos demais tempos de maturação todos os atributos apresentaram nível de aceitabilidade baixo e sem diferença para os níveis inferiores identificados aos 5 dias.

Tabela 14. Nível de aceitabilidade de consumidores para atributos sensoriais no músculo *Longissimus* em fêmeas Nelore e F1 Angus x Nelore, submetidos a diferentes tempos de maturação, usando teste binomial¹.

Variáveis	Nelore			Angus x Nelore			EPM	Valor de P	
	5 d	15 d	30 d	5 d	15 d	30 d		Mat	G.G
Maciez	2,31 ^b	100 ^a	100 ^a	14,20 ^y	59,05 ^{xy}	91,76 ^x	9,16	<0,01	0,36
Sabor	43,13 ^a	90,05 ^a	81,65 ^a	6,66 ^x	58,39 ^x	51,27 ^x	15,90	0,06	0,19
Suculência	1,84 ^a	38,28 ^a	43,83 ^a	7,11 ^x	50,00 ^x	50,00 ^x	15,40	0,05	0,76
S.geral	40,03 ^a	100 ^a	97,80 ^a	26,92 ^x	46,96 ^x	82,68 ^x	13,71	0,02	0,17

¹ Aceitável= notas ≥ 60 equivalente a 100%; Não aceitável = notas ≤ 50 – equivalente a 0%; EPM= erro padrão da média; Mat.= maturação; G.G= grupo genético; 5d, 15d, 30d= carne bovina maturada a vácuo e resfriada a 2°C; maciez (0= não macia; 100= muito macia); suculência (0= Não suculenta; 100= muito suculenta); satisfação geral (0= desgostei extremamente; e 100= gostei extremamente; sabor (0= desgostei extremamente; e 100 = gostei extremamente; ^{a,b,c} Letras na mesma linha diferem (P <0,05); ^{y,x,z} Letras na mesma linha diferem (P <0,05).

4.3 Determinação do IQ-Maturação

O índice foi desenvolvido utilizando análise de função discriminante linear canônica). A primeira equação canônica foi responsável por explicar 99% da variação dos dados. Desta forma, obtivemos a seguinte equação denominada de IQ-maturação:

$$\text{IQ-maturação} = 0,46 \times \text{Sab} + 0,27 \times \text{Mac} + 0,21 \times \text{Sat} + 0,06 \times \text{Suc}$$

O desenvolvimento da equação IQ-maturação foi baseado no sistema australiano de previsão de qualidade Meat Standards Australia (MSA), que desenvolveu a equação MQ4 = 0,4 x maciez + 0,1 x suculência + 0,2 x sabor + 0,3 x satisfação geral (Watson et al., 2008), com potencial de prever com segurança qualidade da carne bovina. O MQ4 mostra que os consumidores australianos prezavam mais por maciez em relação aos demais atributos. Entretanto os consumidores amostrados no presente estudo, valorizaram o sabor como atributo sensorial mais importante.

A partir do desenvolvimento do IQ-maturação, foi possível associar toda avaliação sensorial, em um escore de 0 a 100, com capacidade de descrever satisfação geral e

palatabilidade da carne. Quando o valor obtido pela equação de IQ era inferior a 42, a carne foi classificada como insatisfatória (categoria 1), se o valor situava-se entre 42 e 61 então a carne foi classificada como boa para o dia-a-dia (categoria 2), entre 61 e 78 foi classificada como muito boa (categoria 3), e superior a 78 foi classificada como de qualidade excelente (categoria 4).

Na Tabela 15 estão apresentados os valores da capacidade de classificação do modelo, mostrando sua eficácia em classificar corretamente as categorias atribuídas. Pode-se observar que os maiores níveis de acerto foram para a categoria 1 (83,82%) e em seguida para a categoria 4 (83,89%), ambas nas extremidades da escala. Como esperado, as menores percentagens de acertos foram para as categorias intermediárias (2 e 3) que sofrem maior interferência da incerteza dos consumidores entre as categorias. Com isso podemos concluir que os consumidores são capazes de diferenciar uma carne de boa qualidade em relação a uma de qualidade inferior.

Tabela 15. Classificação das amostras de carne em categorias baseadas no IQ-maturação

Grupo predito	Grupo verdadeiro				Total (%)
	1	2	3	4	
1	83,82	13,87	1,73	0,58	100
2	16,81	57,44	21,89	3,85	100
3	2,52	21,91	51,13	24,42	100
4	0,88	1,32	13,91	83,89	100

Grupo verdadeiro= Notas do consumidor;

Grupo predito= Notas predita pelo IQ-maturação.

1,2,3,4= categorias de qualidade.

Os histogramas de frequência da pontuação IQ-maturação por categoria selecionada pelos consumidores estão apresentados na figura 9, demonstram a distribuição IQ-maturação dentro de uma categoria de qualidade e a sua propagação sobre os intervalos das demais categorias assinaladas pelos consumidores. Podem ser visualizados que algumas amostras da categoria 1 alcançaram pontuações máximas de 85, e amostras da categoria 4 com pontuações de mínimas próximas de 45, demonstrando que não é possível obter uma categorização perfeita. Porém, o padrão apresentado foi sólido em toda a população, com cada categoria agrupada em uma posição relativamente distinta, mesmo com alguma sobreposição.

Figura 9. Frequência da pontuação IQ-Maturação por categoria da carne definida em: A- Categoria 1 = insatisfatório; B- Categoria 2 = bom para o dia-a-dia; C- Categoria 3 = muito bom e D- Categoria 4 = excelente, pelos consumidores.

5. DISCUSSÃO

Os tempos de maturação 15 e 30 dias apresentaram notas mais elevadas para todos os atributos sensoriais (tabela 11), assim como o nível de aceitabilidade para os atributos (tabela 12), demonstrando que as carnes maturadas apresentaram características sensoriais aprimoradas. A ideia de aumento da aceitação da carne com o período de maturação em decorrência de melhorias relevantes nos atributos de qualidade da carne, tais como maciez, sabor e suculência tem sido difundida, pois ocorre a melhora dos atributos sensoriais como um todo (Pardi et al., 2001; Smith; Culp; Carpente, 1978). As melhorias podem ser relacionadas à quebra estrutural do músculo por proteases endógenas com impactos reconhecidos na maciez (Kristensen; Purslow, 2001; Huff-Lonergan; Lonergan, 2005; Kemp et al., 2010; Kim et al., 2014).

A maturação da carne afetou a avaliação da maciez de forma positiva, com maiores notas obtidas pelo aumento do tempo de maturação de 5 para 15 dias (tabela 11). O aumento médio foi em torno de 12 unidades entre os dias 5 e 15 de maturação, podendo ocorrer de forma progressiva como discutido em seguida no caso as amostras com fêmeas F1 Angus x Nelore, mas especialmente marcantes nos primeiros 15 dias do processo de maturação, como verificado pela nível de aceitabilidade da maciez pelos consumidores (tabela 12). A capacidade dos consumidores em perceber as mudanças, concentradas na fase inicial, decorrentes do período de maturação na qualidade da carne bovina foi relatada com aumento do escore de maciez entre 0 e 14 dias da ordem de 0,8 unidades durante os primeiros 7 dias de maturação e outras 0,4 unidades entre 7 e 14 dias, em uma escala de maciez de 15 pontos (Brewer; Novakofski, 2008). A ausência de incremento na avaliação da maciez, considerando os dados de todos os ensaios, após os primeiros 15 dias de maturação podem estar relacionados com uma menor extensão do amaciamento em animais com contribuição elevada de *Bos indicus*, que foram basicamente as amostras do experimento. Este tipo biológico pode apresentaram processo de maturação com limitações na sua taxa e extensão de amaciamento quanto maior a participação de *Bos indicus* no genótipo (Whipple et al., 1990). Alterações na força de cisalhamento entre 9 e 16 dias de maturação, com ausência de amaciamento entre 16 e 23 dias de maturação (Accioli et al., 1995), exemplificam esta limitação na taxa e/ou extensão de amaciamento. Valores de força de cisalhamento elevadas mesmo após 21 dias de maturação, com adição de vitamina D na dieta, também demonstram a possibilidade de limitações no sistema de amaciamento de animais da população com contribuição Nelore (Lobo Jr. et al., 2012).

A tentativa de alterar positivamente a taxa e extensão de amaciamento e portanto a avaliação do consumidor, com o cruzamento de animais da raça Angus não surtiu efeito na avaliação do impacto da maturação na avaliação de maciez pelos consumidores da carne proveniente das carcaças de fêmeas utilizada (tabela 13). Isso pode ser em decorrência, que a participação crescente de genes de *Bos indicus* em cruzamentos com *Bos taurus*, diminui consideravelmente a maciez da carne, em que bovinos com mais de 25% de *Bos indicus* na composição racial, podem produzir carne de pior textura (Dickeman, 1995; Shackelford et al., 1991; Whipple et al, 1990).

A carne apresentou as alterações decorrentes do tempo de maturação, e que para os consumidores a carne era de igual qualidade em especial o atributo maciez, mesmo quando esta é proveniente de animais Nelore (*Bos indicus*). Outro aspecto relevante está relacionado com a demografia dos consumidores, uma vez que a maioria dos consumidores eram jovens e estudantes (tabela 9), os quais podem prezar mais por preço do que qualidade da carne, ou devido dos mesmo não possuírem a percepção na diferença de qualidade (Delgado et al., 2006). Uma vez que diversas pesquisas compravam que o período de maturação reduz as diferenças na dureza da carne entre raças bovinas (Campo et al., 1999; Mónson et al., 2005). No entanto os consumidores brasileiros amostrados não encontraram diferenças entre os diferentes grupos genéticos (tabela 13). No Brasil a maior parte da carne consumida é de animais Nelore, com isso os consumidores podem ter seu paladar adaptado para esse produto. Porém, em estudo avaliando as características de carcaça e avaliação sensorial da carne de novilhos Nelore e cruzados Angus x Nelore, através do processo de maturação, mostrou que os consumidores consideram a carne dos animais Angus x Nelore mais macia em todos os tempos de maturação (1, 4, 7 e 14 dias) do que a carne dos novilhos Nelore (Barcelos et al., 2017). Apesar disso, estudos realizado com animais Nelore x Aberdeen Angus, Nelore x Simental e Nelore abatidos com 12 a 15 meses de idade, não encontraram diferenças para força de cisalhamento entre os grupos genéticos, apenas efeito do tempo de maturação (Hadlich et al., 2006). Essas diferenças entre raças, nem sempre são refletidas em análises de painéis sensoriais (Jeremiah et al., 1997; Koch et al., 1982), resultados semelhantes ao da presente pesquisa. As diferenças na maciez entre raças podem ser explicadas pela quantidade, solubilidade e organização espacial do colágeno, gordura e atividade de calpaínas e calpastatina (Wheeler et al., 1996; Torrescano et., 2003; Shackelford et al., 1994).

O efeito da maciez *post mortem* é resultado da degradação e enfraquecimento das proteínas miofibrilares (Goll et al., 1992; Kendall et al., 1993), mas este não é o único fator que influencia a maciez durante a maturação. Sugere-se que três outros fatores como,

quantidade e solubilidade dos tecidos conjuntivos, encurtamento do sarcômero durante o estabelecimento do *rigor mortis*, e a proteólise *post mortem*, determinem a maciez da carne independente da maturação (Koohmaraie; Doumit; Wheeler, 1996). A proteólise *post mortem* degradam as proteínas musculares e as proteases enfraquecem toda a estrutura da miofibrila, resultando em um aumento da maciez (Veiseth-Kent et al., 2010). As proteases endógenas incluem as caspases, catepsinas e proteassomas, e o sistema calpaína, que realiza degradação miofibrilar ao longo do período de maturação, sendo o fator mais importante para a melhora da maciez (Geesink et al., 2006; Koohmaraie; Whipple, 1991). Esse maior amaciamento, pode ser em decorrência da baixa atividade de calpastatina, que está diretamente associada com maior maciez *post mortem* (Goll et al., 1992; Taylor et al., 1995). O sistema enzimático das calpaínas é composto por duas principais isoenzimas dependentes de cálcio, chamadas de μ -calpaína e m-calpaína, a m-calpaína não é relacionada com a autólise do músculo no post-mortem, por isso apresenta pequena importância na maciez da carne. (Geesink, 2006; Goll et al., 2003; Huff-Lonergan, 2014; Koohmaraie, 1992). A calpastatina, inibe a ação das calpaínas, desta forma diminuindo a degradação das proteínas miofibrilares durante o processo de maturação reduzindo assim a maciez (Veiseth et al., 2004; Whipple et al., 1990).

No presente estudo foi observada uma melhora na avaliação do sabor da carne com aumento de 5 para 15 dias de maturação (tabela 11), sem alteração com dias adicionais de acondicionamento. O tempo de maturação é um importante fator no desenvolvimento de precursores do sabor, sendo capaz de aumentar o sabor característico de carne bovina (Gorraiz et al. 2002). As mudanças no sabor durante o processo de maturação e subsequentes do cozimento ocorrem devido ao aquecimento, pois o calor desencadeia inúmeras reações químicas dos compostos não voláteis da carne e que são precursores do aroma cárneo. Uma dessas alterações é a reação de Maillard em que ocorre a redução entre açúcar e aminoácidos e os produtos dessa reação contribuem diretamente para o desenvolvimento do sabor (Warriss, 2000). Além da maciez, sabe-se que o sabor também é um fator decisivo para aceitação final do consumidor (Platter et al., 2003).

Não houve qualquer incremento na avaliação do sabor entre 15 e 30 dias de maturação. Esta cessação de incremento da avaliação de sabor por consumidores foi relatada entre 7 e 14 dias de maturação (Brewer; Novakofski 2008). Embora para animais Nelore e Angus x Nelore, o aumento das notas para sabor foi alcançado entre aqueles mesmos tempos de maturação (Barcelos et al., 2017). Como a comparação entre os tempos 15 e 30, envolvem uma extensão do período, as diferenças podem não ter sido marcantes uma vez que preconiza-

se o atingimento de um ponto ótimo ao longo do período de maturação, porém com desenvolvimento de sabores estranhos com períodos mais extensos (Monsón et al., 2005).

Na avaliação dos consumidores brasileiros, embora não tenha sido detectada diferença entre os grupos genéticos, somente nas fêmeas F1 Angus x Nelore houve o efeito de incremento de avaliação comparando 5 com os outros dois tempos de maturação (tabela 13). A análise de aceitabilidade dos atributos sensoriais, embora não tenha apontado diferenças significativas pela variabilidade inerente aos consumidores, indica alto nível de aceitabilidade dos consumidores para sabor da carne das fêmeas Nelore (tabela 14), reafirmando a valorização do sabor deste produto que faz parte do hábito de consumo do consumidor brasileiro. Por outro lado, em alguns trabalhos feitos para analisar o efeito da raça nos tempos de maturação, verificou-se que o efeito de raças não foi significativo para o atributo sabor da carne bovina (Mónson et al. 2005; Campo et al., 1999).

O período de maturação da carne pode aumentar a percepção de suculência, observada nos consumidores brasileiros que atribuíram notas mais altas para suculência no decorrer do período de acondicionamento (tabela 11). Corroborando os resultados, estudo realizado com carne maturada por 14, 21 e 28 dias foi observado que os lombos maturados por 21 dias apresentaram maior suculência (Smith et al., 2008a). Carnes que são maturadas e grelhadas até o ponto (70°C interno), liberam exsudado mais rapidamente, quando do rompimento das fibras pelos dentes ao degustar, resultando em carnes percebidas como mais suculentas (Arima 2003). Visto que, o período de maturação da carne pode aumentar a suculência da carne devido ao aumento da capacidade de retenção de água (Straadt, et al., 2007). Esta ligação entre textura e suculência acarreta uma avaliação da suculência enviesada pela maciez, sendo que consumidores comuns tendem a confundir a avaliação de suculência e maciez, associando uma carne maciez como sendo suculenta ou vice-versa (Miller, 2014).

Apesar do incremento, a suculência apresentou baixos níveis de aceitabilidade para todos os tempos de maturação e grupos genéticos (tabela 12 e 14). A penalização para suculência pode ser atribuída aos baixos escores de marmorização, uma vez que conteúdo de gordura intramuscular tem potencial para impactar diretamente a suculência, assim como o sabor e maciez (Hocquette et al., 2010), sendo a percepção humana de suculência aumentada à medida que o conteúdo de gordura intramuscular aumenta (Jeremiah et al., 2003). A umidificação durante o processo de mastigação está relacionada com a capacidade de retenção de água, bem como pela marmorização na carne, ambos favorecendo uma sensação de suculência na carne (Costa et al., 2010, Sañudo et al., 2000). Outra possibilidade para a baixa aceitabilidade ao longo da maturação seria a perda de suco ou resfriamento da carne durante o

próprio teste sensorial. Os consumidores brasileiros prezam por sabor, como discutido a seguir, os quais apreciam este atributo mais intenso, característico da carne de animais Nelore (tabela 14), com altos níveis de aceitabilidade. Enquanto não houve alteração para a avaliação de sabor para Nelore, existe uma alteração na percepção para F1 Angus x Nelore entre 5 dias e os outros tempos de maturação. Essas informações são corroboradas pela interação entre tempo de maturação e grupo genético para suculência (tabela 13), considerando que suculência também influencia a percepção de sabor pelo consumidor, embora o sabor da carne seja uma combinação de gosto e odor (Khan; Jo; Tariq, 2015).

IQ-Maturação

Os consumidores amostrados valorizaram o sabor como atributo sensorial mais importante, conferindo maior peso para esse atributo no IQ-Maturação. Isso pode ser explicado, em virtude dos consumidores brasileiros possuírem o hábito de consumir carnes de bovinos zebuínos, provavelmente impedindo a apreciação da maciez, com interesse maior no atributo sabor da carne (Delgado et al., 2006). Pesquisas realizadas com consumidores australianos apontaram que o atributo sabor é importante, pois os consumidores descreveram que o sabor tem a mesma importância da maciez ($0,3 \times \text{Mac}$, $0,1 \times \text{Suc}$, $0,3 \times \text{Sab}$, $0,3 \times \text{Sat}$) (Thompson et al., 2010). Legrand et al. (2013) demonstraram que os consumidores franceses também consideravam o sabor e maciez igualmente importantes. Nesse sentido, em um estudo descobriram que a maioria dos consumidores (51%) identificaram a maciez como o atributo que mais contribui para a satisfação alimentar, mas, quando os bifes foram avaliados em casa, o sabor afetou mais as classificações gerais do que os índices de maciez (Huffman et al., 1996). Portanto o sabor pode ser tão importante quanto a maciez na determinação da aceitabilidade geral (Neely et al., 1998). Informações que corroboram com os dados obtidos com os consumidores brasileiros amostrados.

A classificação das amostras em categorias baseadas no IQ-maturação, obteve-se os maiores níveis de acerto para as categorias 1 e 4 (tabela 15). Estudos realizados no desenvolvimento do MSA mostraram que o modelo de predição MQ4 é capaz de classificar corretamente, entre 50 e 70% das amostras, com 95-97% das pontuações previstas dentro de um grau de classificação do consumidor, os limites entre as categorias de qualidade foram semelhantes entre os grupos, porém, os limites superiores (categoria 4) e os mais baixos (categoria 1), foram os que apresentaram maior porcentagem de acertos (Thompson, 2002). Em estudos mais recentes também observou que as quatro categorias de qualidade sensoriais utilizadas, descrevem apropriadamente a pontuação do consumidor para os graus mais alto e

mais baixo, e há uma incerteza relativa ao distinguir as categorias intermediárias (Watson 2008). Dados semelhantes com o presente trabalho, pois nas categorias 2 e 3 apresentaram as menores porcentagens de acertos (tabela 15).

Contudo, essa abordagem pode ser útil na determinação de graus de qualidade (Watson 2008). O sistema MSA demonstrou prever a qualidade da carne bovina não apenas na Austrália, mas também em muitos outros países (Hwang et al., 2008; Thompson et al., 2010). Essa conclusão também foi encontrada em estudos anteriores na Coreia (Thompson et al., 2008) e nos Estados Unidos (Smith et al., 2008b). A busca de um sistema de classificação baseada na percepção do consumidor é uma alternativa que tem grande potencial em um mercado de carne bovina relevante como o brasileiro, com potencial para agregação de qualidade e, portanto, de valor, desde que aspectos de consistência de atributos organolépticos possam ser melhorados para satisfação do consumidor. O presente estudo indica que a qualidade da carne bovina brasileira pode ser prevista usando o atual sistema MSA, com a aplicação da equação IQ-Maturação.

6. CONCLUSÃO

Para os consumidores brasileiros amostrados, predominantemente jovens com alto grau de instrução formal e condição socioeconômica alta, a maturação tem impacto positivo nas notas dos atributos de qualidade organoléptica.

Não parece existir diferenças marcantes na qualidade das carnes provenientes de fêmeas dos grupo genéticos nas condições do estudo, embora existam particularidades dos grupos genéticos nos efeitos da maturação sobre alguns dos atributos sensoriais.

A qualidade organoléptica da carne bovina brasileira pode ser predita com boa acurácia usando o IQ-maturação.

REFERÊNCIAS

- ABIEC – Associação brasileira das indústrias exportadoras de carnes. Perfil da Pecuária no Brasil. 2018. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/Sumario.aspx> [acesso em jan 03, 2019].
- ABIEC – Associação brasileira das indústrias exportadoras de carnes. Perfil da Pecuária no Brasil. 2017. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/Sumario.aspx> [acesso em dez 23, 2018].
- Accioli, A., Franci, O., Sargentini, C., Pugliese, C., Bozzi, R., & Lucifero, M. (1995). Effetto della frollatura sulle caratteristiche della carni di vitelloni Chianini da 16 a 24 mesi di età. Atti XI Congresso Nazionale ASPA-Grado, 359–360.
- Aktas, N. (2003). The effects of pH, NaCl and CaCl₂ on thermal denaturation characteristics of intramuscular connective tissue. *Meat Science*, 407, 105- 112.
- Alves, D. D., & Mancio, A. B. (2007). Maciez da carne bovina: uma revisão. *Revista da FZVA*, 14, 193-216.
- Alves, D.; & Mancio, A. B. (2005). Maciez da carne bovina. *Ciência Animal Brasileira*, 6, 163 149.
- Arima, H.K. (2003). Maturação de Carnes. In: *Avanços na Qualidade da Carne e seus Impactos na Indústria Brasileira*. São Paulo: Livraria Varela;153-172p.
- Assis, A. S. 2017. Estudo meta-analítico de características relacionadas à qualidade da carne e da carcaça em bovinos. 2017. 43 f. Dissertação Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Aus-Meat. 2010. Australian beef carcass evaluation: beef & veal chiller assessment language. Disponível em: https://www.ausmeat.com.au/WebDocuments/Beef_&_Veal_Chiller_Assessment_Language.pdf [Acesso em: out 25, 2018].
- Ba, H. V., Ryu, K. S. Lan, N. T. K., & Hwang, I. (2013) Influence of particular breed on meat quality parameters, sensory characteristics, and volatile components. *Food Science Biotechnol.* 22, 651-658.
- Bailey, A.J., & Light, N.D. (1989). Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Applied Science, 12, 334-338.
- Barcellos, J. O. J. (2012). Consumer perception of Brazilian traced beef. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 771-774.
- Barcellos, V. C., Mottin, C., Passetti, R. A. C., Guerrero, A., Eiras, C. E., Prohman, P. E., Vital, A. C. P., & Prado, I. N. (2017). Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nellore steers and crossbred Angus vs. Nellore bulls. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39, 437-448.

Bate-Smith, E. C., & Bendall, J. R. (1949). Factors determining the time course of rigor mortis. *The Journal of Physiology*, 110, 47-65.

Becker, T. (2000). Consumer Perception of Fresh Meat Quality: A Framework for Analysis. *British Food Journal*, 102, 158-176.

Behrends, J. M., Goodson, K.J., Koohmaraie, M., Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Morgan, W.W., Reagan, J.O., Gwartney, B.L., Wise, J.W., J.W. & Savell, J.W. (2005). Beef customersatisfaction: USDA quality grade and marination effects on consumer evaluations of top round steaks. *Journal of Animal Science*, 83, 662-670.

Belew, J. B., Brooks, J.C., & Mckenna, D.R. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of bovine muscles. *Meat Science* 64: 507-512.

Bendall, J.R. (1973). Post-mortem changes in muscle. In: BOURNE, G.H. *The structure and function of muscle*. New York: Academic Press. p.244-309.

Berg, R. T., & Butterfield, R. M. (1976). *New concepts of cattle growth*. Sydney: Sydney University Press, 240 p.

Bernstein, A. M., Sun, Q., Hu, F. B., Stampfer, M. J., Manson, J. E., & Willett, W. C. (2010). Major dietary protein sources and risk of coronary heart disease in women. *Circulation*, 122, 876-883.

Biesalski, H. K., & Nohr, D. (2009). The nutritional quality of meat. In: Kerry, J. P.; Ledward, D. A. (Ed.). *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat: new technologies*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 17, 161-177.

Boleman, S. J., Boleman, S.L., Miller, R. K., Taylor, J. F., Cross, H. R., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M., Shackelford, S.D., Miller, M.F., West, R.L., Johnson, D.D., & Savell, J.W. (1997). Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science*, 75, 1521-1524.

Bouton, P.E., Harris, P.V., & Shortose, W.R. (1971). Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. *Journal of Food Science*, 36, 435-439.

Brandão, F. S., A.C., Ceolin, M.E.A., Canozzi, J.P.P., Révillion, J.O.J., & Barcellos. A. (2012). Trust and added value on meat with geographic indication. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64, 458-464.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 30.691, de 29 de Março de 1952. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf [Acesso em: nov 15,2018].

Brewer, S., & Novakofski, J. (2008). Consumer sensory evaluations of aging effects on beef quality. *Journal of Food Science*, 73, S78-S82.

Bridi, A. M. (2002). Normas de avaliação, classificação e tipificação de carnes e carcaças. Universidade Estadual de Londrina.

Buckley, D. J., Morrissey, P. A., & Gray, J.I. (1995). Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *Jornal Animal Science*, 73, 3122-3130.

Calkins, C.R., & Seideman, S.C., (1988). Relationships among calciumdependent protease, cathepsins B and H, meat tenderness and the response of muscle to aging. *Jornal Animal Science*, 66, 1186-1193.

calpastatin in conditioning. *Meat Science*, 34, 217-234.

Camou, J. P., Marchello, J.A., Thompson, V.F., Mares S.W., & Goll, D.E. (2007). Effect of postmortem storage on activity of μ - and m-calpain in five bovine muscles. *Journal of Animal Science*, 85, 2670-2681.

Campo, M. M., Sañudo, C., Panea, B., Albertí, P., & Santolaria, P. (1999). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science*, 51, 383-390.

Cassar-Malek, I., & Picard, B. (2016). Expression Marker-Based Strategy to Improve Beef Quality. *The Scientific World Journal*, 2185323.

Ceolin, A. C. (2011). Assimetria de informação e sinalização na cadeia da carne bovina. 2011. 143p. Tese (Doutorado em Agronegócios) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Choi, B. H. (2002). Effects of feeding patterns and sexes on growth rate, carcass trait and grade in Korean native cattle. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 15, 838- 843.

Christensen, M., Purslow, P.P., & Larsen, L.M. (2000). The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue. *Meat Science*, 55, 301-307.

Costa, E.C., Resthe, J., & Vaz, F.N. (2002). Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoces abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 119-128.

Costa, R.G., Santos, N.M., Batista, A.S.M., & Ximenes, L.J.F. (2010). Atributos qualitativos da carne ovina. *Ciência e Tecnologia na Pecuária de Caprinos e Ovinos*, 5, 419-438.

Cross, H.R. (1999). Sex, age and breeds related changes in bovine testosterone and intramuscular collagen. *Meat Science*, 10, 187-195.

Cruzen, S. M., Paulino, P.V., Lonergan, S.M., & Huff-Lonergan, E. (2014). Postmortem proteolysis in three muscles from growing and mature beef cattle. *Meat Science*, 96, 854-861.

Daguer, H. (2009). Efeitos da injeção de ingredientes não cárneos nas características físico-químicas e sensoriais do lombo suíno. 2009. 187p. (Doutorado) Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

- Delgado, E.F., Aguiar, A.P., Ortega, E.M.M., Spoto, M.H.F., & Castillo, C.J.C. (2006). Brazilian consumers' perception of tenderness of beef steaks classified by shear force and taste. *Scientia Agricola*, 63, 232-239.
- Dikeman, M. E. (1995). Carcass composition and quality of finished crossbred Brahman cattle. *Proc. of the King Workshop. Arkansas Agric. Exp. Sta. Special Rep.* 167, 77-88.
- Dransfield, E. (1993). Modelling post-mortem tenderization – IV - Role of calpain and calpastatin in conditioning. *Meat Science*, 34, 217-234.
- Dutcosky, S. (2011). *Análise Sensorial de Alimentos*. 3. ed. Curitiba: Champagnat.
- Egan, A. F., Ferguson, D. M., & Thompson, J. M. (2001). Consumer sensory requirements for beef and their implications for the Australian beef industry. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 855-859.
- Enser, M., Hallet, K.G., Hewett, B., Fursey, G.A.J., Wood, J.D., & Harrington, G. (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49, 329-341.
- Felicio, P. E. (2005). Padronização e nomenclatura dos cortes cárneos. *Visão Agrícola*, 3, 103-106.
- Felicio, P.E. (1999). Perspectivas para a tipificação de carcaça bovina. In: I Simpósio Internacional sobre tendências e perspectivas da cadeia produtiva da carne bovina (SIMPOCARNE). Junho de 1999, São Paulo. *Anais...* 10p.
- Felício, P.E. (1993). Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade da carne vermelha. In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Rio de Janeiro, RJ. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p. 2-10.
- Fernandes, R. P. P., Freire, M, T, A, Paula, E. S. M., Carrer, C.C., & Trindade, M. A. (2013). Evaluation of Physicochemical, Microbiological and Sensory Stability of Frozen Stored Vacuum-Packed Lamb Meat. *Journal of Integrative Agriculture*, 12, 1946- 1952.
- Frenzel, L L., Harpa, R. M., Lambert, B.D., Sawyer, J.T., & Frenzel, M.A. (2014). Effects of Wet Aging and Temperature on Warner-Bratzler Shear Force, Sensory Characteristics, and Microbial Shelf- Life of Pork Loin Chops. *The Texas Journal of Agriculture and Natural Resources*, 27, 24–35.
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J., & Culioli, J. (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutrition Development*, 41, 1-26.
- Geesink, G.H., Kuchay, S., Chishti, A.H., & Koohmaraie, M. (2006). μ -Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. *Journal of Animal Science*, 84, 2834-2840.
- Goll, D. E. (1991). Role of Proteinases and Protein Turnover in Muscle Growth and Meat Quality. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*, 44, 25–3.

- Goll, D. E., Thompson, V. F., Li, H., Wei, W., & Cong, J. (2003). The calpain system. *Physiological reviews*, 83: 731–801.
- Goll, D.E., Hoekstra, W.G., & Bray, R.W. (1964). Age-associated changes in bovine muscle connective tissue. II. Exposure to increasing temperature. *Journal of Food Science*, 29, 615-626.
- Goll, D.E., Thompson, V. F., & Taylor, R. G. I. (1992). Role of the calpain system in muscle growth. *Biochimie*, 74, 225-237.
- Gorraiz, C., Beriain, M.J., Chasco, J., & Insausti, K. (2002). Effect of aging time on volatile compounds, odor, and flavor of cooked beef from Pirenaica and Friesian bulls and Heifers. *Journal of Food Science*, 67, 916-922.
- Griffith, G. R., & Thompson, J. M., (2012). The aggregate economic benefits to the Australian beef industry from the adoption of meat standards Australia. *Australasian Agribusiness*, 20, 11–38.
- Gutowsky, G. H. (1979). Vacuum aging display and level of nutrition effects on beef quality. Hedrick, H. B., Aberle, E. D., & Forrest, J. C. (1994). *Principles of meat Science*. 3rd Edition. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 354p.
- Hadlich, J.C., Morales, D.C., Silveira, A.C., Oliveira, H.N., & Chardulo, L.A.L.(2006). Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. *Acta Scientiarum*, 28, 57-62
- Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V. C., & Troy, D. (2014). Meat consumption: Trends and quality matters. *Meat Science*, 98, 561–568.
- Hill, F. (1966).The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of Food Science*, 31, 161-166.
- Hocquette, J.F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., & Pethick, D.W. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4, 303–319.
- Houben, H. J.; Eikelenboom, G.; & Hoving-Bolink, A. H. 1998. Effect of the dietary supplementation with vitamin E on colour stability and lipid oxidation in packaged, minced pork. *Meat Science* 48: 265-273.
- Huff-Lonergan, E. (2014). Tenderizing mechanisms: enzymatic. *Encyclopedia of Meat Sciences*, 3, 438-442.
- Huff-Lonergan, E., Lonergan, S.M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71, 194-204.
- Huffman, K.L., Miller, M.F., Hoover, L.C., WU, C.K., Brittin, H.C., & Ramsey, C.B. (1996). Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of Animal Science*, 74, 91-97.

Hwang, I.H., Polkinghorne, R., Lee, J.M., & Thompson, J.M. (2008). Demographic and design effects on beef sensory scores given by Korean and Australian consumers. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 1387–1395.

IBGE. 2013. Em 30 anos, importantes mudanças nos hábitos de consumo dos brasileiros. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia> [Acesso em: set 23, 2018].

IBGE. 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF).

Jeleníková, J., Pipek, P., & Staruch, L. (2008). The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science*, 80, 870-874.

Jeremiah, L. E., Tong, A. K. W., & Gibson, L. L. (1997). Hot-processing and elevated temperature conditioning influences on lamb cooking properties, palatability attributes, and consumer acceptance. *Food Research International*, 30, 45–53.

Jeremiah, L.E., Gibson, L.L., Aalhus, J.L., & Dugan, M.E. (2003). Assessment of palatability attributes of major beef muscles. *Meat Science*, 65, 949-958.

Joo, S.T., Kim, G.D., Hwang, Y.H., & Ryu, Y.C. (2013). Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 95, 828-836.

Keele, J. W., & Williams, C. B. and G. L. Bennett. (1992). A computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle: I. Theory and development. *Journal of Animal Science*, 70-841.

Kemp, C. M., Sensky, P. L., Bardsley, R. G., Buttery, P. J., & Parr, T. (2010). Tenderness An enzymatic view. *Meat Science*, 84, 248–256.

Kemp, C.M., & Parr, T. (2012). Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderization. *Meat Science*, 92, 252-259.

Kendall, T.L., Koohmaraie, M., Arbonat, J.R., Williams, S.E., & Young, L.L. (1993). Effect of pH and Ionic Strength on Bovine m-Calpain and Calpastatin Activity. *Journal of Animal Science* 71, 96-104.

Kerr, J.F., Wyllie, A.H., & Currie, A.R. (1972). Apoptosis: a basic biological phenomenon with wide-ranging implications in tissue kinetics. *Br J Cancer*, 6, 239-57.

Khan, M.I., Jo, C., & Tariq, M.R. (2015). Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors: a systematic review. *Meat Science*, 110, 278-284.

Khattree, R., & Naik, D .N. (2000) Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc. 558 p.

Kim, Y.H.B., Warner, R.D., & Rosenvold, K. (2014) Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review. *Animal Production Science*, 54, 375–395

Koch, R. M., Dikeman, M. E., & Crouse, J.D. (1982). Characterization of biological types of cattle (cycle III): III. Cracass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science*, 54, 35-45.

Koohmaraie, M. (1992). The role of Ca (2+)-dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. *Biochimie*, 74, 239–245.

Koohmaraie, M. (1995). The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction. *Proceedings of the Reciprocal Meat Conference*. 48, 69–75.

Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74, 34–43.

Koohmaraie, M., Doumit, M. E., & Wheeler, T. L. (1996). Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. *Journal of Animal Science*, 74, 2935–2942.

Koohmaraie, M., & Whipple, G. (1991). Degradation of myofibrillar proteins by extractable lysosomal enzymes and m-calpain, and the effects of zinc chloride. *Journal of Animal Science*, 69, 4449–4460.

Kristensen, L., & Purslow, P. P. (2001). The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of the cytoskeletal proteins. *Meat Science*, 58, 17-23.

Lametsch, R., Roepstorff, P., & bendixen, E. (2002). Identification of protein degradation during post-mortem storage of pig meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5508–5512.

Lanzillotti, R., & Lanzillotti, H. (1999). Análise sensorial sob o enfoque da decisão Fuzzi. *Nut*, 12, 145-157.

Larsson, S. C., & Wolk, A. (2006). Meat consumption and risk of colorectal cancer: A meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Cancer*, 119, 2657–2664.

Lawrie, R. A. (1977). Meat: Current developments and future status. *Meat Science*, 1,1-13.

Lawrie, R. (2005). *Ciência da Carne*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed. 384p.

Lawrie, R. A. (1998). *Lawrie's Meat Science*, 6th edn. Cambridge: Woodhead Publishing.

Legrand I., Hocquette, J. F., Polkinghorne, R.J., & Pethick, D.W. (2013). Prediction of beef eating quality in France using the Meat Standards Australia system. *Animal*, 7, 524–529.

Listrat, A., & Hocquette J.F. (2005). Analytical limits of total and insoluble collagen content measurement and of type I and III collagens analysis by electrophoresis in bovine muscles. *Meat Sciences*, 68, 127-136.

Lobo-Jr, A.R., Delgado, E.F., Mourão, G.B., Pedreira, A.C.M.S, Berndt, A. & Demarchi, J.J.A.A. (2012). Interaction of dietary vitamin D₃ and sunlight exposure on *B. indicus* cattle: Animal performance, carcass traits, and meat quality. *Livestock Science*, 145, 196-204.

Luchiari Filho, A. (2000). *Pecuária da carne bovina*. São Paulo: 134p.

Mazzuchetti, R. N., & Batalha, M. O. (2005). O comportamento do consumidor em relação ao consumo e às estruturas de comercialização da carne bovina na região de Amerios/Pr. *Varia Scientia*, 4, 25-43.

Meat e Livestock Australia -MLA (2007). *Meat Standards Australia Annual Outcomes Report 2006-07*, Meat and Livestock Australia, Sydney, November.

Meat e Livestock Australia -MLA. (2016). Australian beef eating quality audit. Disponível em: http://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/blocks/marketing-647beef-and-lamb/msa_beq-report14-15_web.pdf. [Acesso em: out 24, 2018].

Meat Standards Austrália –MSA. (2003). Value adding – Muscle seaming and cooking methods North Sidney: Meat and Experimental Agriculture 48: 1351-1359.

Meat Standards Austrália-MSA. (2011). *Tips and Tools-Meat Standards Australia-Beef Information Kit*. 4: 3-43.

Micha, R., Wallace, S. K., & Mozaffarian, D. (2010). Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Circulation*, 121, 2271–2283.

Michel, L.M., Punter, P.H., & Wismer, W.V. (2011). Perceptual attributes of poultry and other meat products: a repertory grid application. *Meat Science*, 87, 349-355

Miller, M.F., Carr, M.A., Ramsey, C.B., Crockett, K.L., & Hoover, L.C. (2001) Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 79, 3062-3068.

Miller, M.F., Davis, G.W., & Ramsey, C.B. (1985). Effect of subprimal fabrication and packaging methods on palatability and retail case life of loin steaks from lean beef. *Journal of Food Science*. 50, 1544-1546.

Miller, R.K. (2014). Chemical and physical characteristics of meat: palatability. *Encyclopedia of Meat Sciences*, Oxford, 1, 252-261.

Minim, V. (2010). *Análise sensorial: estudos com consumidores*. 2. ed. Ver. E ampl. – Viçosa, MG: Ed. UFV.

Minim, V. P. R. (2013). *Análise sensorial: estudos com consumidores*. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 332 p.

Mombach, J., Pereira, L. A.R, & Fonseca, V.V. (2010). Proposta de um modelo de gestão pela qualidade para um abatedouro/frigorífico de suínos. *Agrarian*, 3, 293- 300.

Monin, G., & Quali, A. (1991). Muscle differentiation and meat quality. In: RALSTON, L. (Ed.) *Developments in meat science*. Elsevier applied Science, 13, 89-138.

Monson, F., Sanudo, C., & Sierra, I. (2005). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71, 471–479.

Morgan, J.B., Wheeler, L. T. L., Koohmaraie, M., Crouset, J. D., & Savell, J.W. (1993). Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. *Journal of Animal Science*, 71, 408-414

Morgan, T. H., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Crouse, J.D., & Savell, J.W. (2002). National Beef Quality Audit–2000: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 80, 1212-1222.

Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Raats, J.G., & Strydom, P.E. (2008). Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape. *Meat Science*, 79, 20–28.

Muhammad, I. k., Samooel, J., Ki, C. N., & Cheorun, J. (2016_). Postmortem aging of beef with a special reference to the dry aging. *Korean J Food Sci Anim Resour*, 36, 159–169.

Nassu, R. T., Bernardi, M. R. V., & Borba, H. (2010). Validation of a sensory protocol for beef evaluation. *Braz. J. Food Technol*, 6, 152-160.

Neely, T.R., Lorenzen, C.L., Miller, R.K., Tatum, J.D., Wise, J.W., Taylor, J.F., Buyck, M.J., Reagan, J.O., & Savell, J.W. (1998). Beef customer satisfaction: role of cut, USDA quality grade, and city on in-home consumer ratings. *Journal of Animal Science*, 76, 1027-1032.

Northcutt, J. K., Pringle, T. D., Dickens, J. A., Buhr, R. J., & Young, L. L. (1998). Effects of age and tissue type on the calpain proteolytic system in turkey skeletal muscle. *Poultry Science*, 77, 367–372.

Oliveira, E., & Pichel, F. (2013). Perfil lipídico da carne vermelha e doença cardiovascular. *Revista nutrícias*, 16, 20-23.

Osório, J.C.S., Osório M.T.M., & Sañudo, C. (2009). Características sensoriais da carne ovina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 292-300.

Ouali, A., Gagaoua, M., Boudida, Y., Becila, S., Boudjellal, A., Herrera-Mendez, C. H., & Sentandreu, M. A. (2013). Biomarkers of meat tenderness: present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. *Meat Science*, 95, 854-870.

Ouali, A., Herrera-Mendez, C. H., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L., & Sentandreu, M. A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, 74, 44–58.

Owens, F. N., Donald, R., David, S., & Secrist, S. W. Coleman (1995). Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 3152–3172.

Owens, F.N., Dubeski, P., & Hanson, C.F. (1993). Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71, 3138-3150.

Pan, A., Sun, Q., Bernstein, A. M., Schulze, M. B., Manson, J. E., Stampfer, M. J., & Hu, F. B. (2012). Red meat consumption and mortality: results from 2 prospective cohort studies. *Archives of internal medicine*, 172, 555–563.

Pardi, M.C., Santos, F.I., Souza, E.R., & Pardi, H.S. (2001). *Ciência, higiene e tecnologia da carne*. 2ed. p. 1152.

Philippi, S. T. (2006). *Nutrição e dietética*. Barueri: Manole,

Piao, M. Y., Jo, C., Kim, H. J., Lee, H. J., Kim, H. J., Ko, J. Y., & Baik, M. (2015). Comparison of carcass and sensory traits and free amino acid contents among quality grades in loin and rump of Korean cattle steer. *Journal of Animal Science*, 28, 1629–1640.

Platter, W.J., Tatum, J.D., Belk, K.E., Chapman, P.L., Scanga, J. A., & Smith, G.S. (2003). Relationships of consumer sensory ratings, marbling score, and shear force value to consumer acceptance of beef strip loin steaks. *Journal Animal Science*, 81, 2741–2750.

Polkinghorne, R., Philpott, J., Gee, A., Doljanin, A., & Innes, J. (2008a). Development of a commercial system to apply the Meat Standards Australia grading model to optimize. *Agriculture* 48: 1451-1458.

Polkinghorne, R., Thompson, J. M., Watson, R., Gee, A. & Porter, M. (2008b). Evolution of the Meat Standards Australia (MSA) beef grading system. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 1351–1359.

Polkinghorne, R.J., & Thompson, J. M., (2010). Meat standards and grading: a world view. *Meat Science*, 86, 227–235.

Puga, D. M. U., Contreras, C. J. C., & Turnbull, M. R. (1999). Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 19, 1-10.

Rocha, C. E. (2007). A visão dos frigoríficos sobre os tipos de carcaça. In: II Seminário de revisão dos critérios de seleção das raças zebuínas, UNESP – Universidade Estadual de São Paulo, p.37-46.

Sainz, R. D., & Araujo, F. R. C. (2001) Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carne.

Sanches, P. F., & Zocchi, S. S. (2010). Quadrados latinos balanceados para a vizinhança, a: planejamento e análise de dados sensoriais. *Rev. Bras. Biom*, 28, 21-42.

Sandhu, M.S., White, I.R., & McPherson, K., (2001). Systematic review of the prospective cohort studies on meat consumption and colorectal cancer risk: a meta-analytical approach. *Cancer Epidemiol Biomarkers*, 10, 439–46.

Sañudo, C. (2004). Análisis Sensorial – Problemática de su aplicación práctica en la carne. 1º Curso Internacional de Análisis Sensorial de Carne e Produtos Cárneos. Pelotas.

Sañudo, C., Alfonso, M., Sánchez, A., Delfa, R., & Teixeira, A. (2000). Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. *Meat science*, 56, 89-94.

Savabi, F., Geiger, P. J., & Bessman, S. P., (1986) Myokinase and contractile function of glycerinated muscle fibers. *Biochem. Med. Metab. Biol*, 35, 227–238.

Seideman, S. C H., Cross, R., Oltjen., & Schanbacher, B. D.. (1982). Utilization of the intact male for red meat production. *Journal of Animal Science*, 55, 826-840.

Sensky, P.L., Parr, T., Bardsley, R.G., & Buttery, P.J. (2001). Meat tenderisation – the role of calpains. *Proceedings of the British Society of Animal Science. British Society of Animal Science*, 11, 239-242.

Sentandreu, M. A, Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 400-421.

Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Cundiff, L. V., Gregory, K. E., Rohrer, G. A., & Savell, J. W. (1994). Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *Journal of Animal Science*, 72, 857–863.

Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Miller, M.F., Crouse, J.D., & Reagan, J.O. (1991). An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. *Journal of Animal Science*, 69, 171-177.

Sitz, B. M. (2004). Consumer Acceptance and Value of Wet Aged and Dry Aged Beef Steaks. *Nebraska Beef Cattle Reports*, 23, 86–88.

Smith, G. C., Culp, G. R., & Carpenter, Z. L. (1978). Postmortem aging of beef carcasses. *Journal of Food Science*, 43, 823–826.

Smith, G. C., Tatum, J.D., & Belk, K.E. (2008b). International perspective: characterisation of United States Department of Agriculture and Meat Standards Australia systems for assessing beef quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 1465–1480.

Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D.W., Harris, K. B., Miller, R. K., Griffin, D.B., & Savel, J.W. (2008a). 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*, 79, 631-639.

Straadt, I. K., Rasmussen, M., Andersen, H. J., & Bertram, H. C. (2007). Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss - A combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. *Meat Science*, 75, 687-695

Szczesniak, A.S. (1986). Sensory texture evaluation methodology. In: *Annual Reciprocal Meat Conference 39. The return on eating quality in a beef supply chain*. Australian Journal of Experimental. p.86

Tatum, J.D., Dewalt, M.S., Levalley, S.B., Savell, J.W., & Williams, F.L. (1998). Relationship of feeder lamb frame size to feedlot gain and carcass yield and quality grades. *Journal of Animal Science*, 76 435-440.

Taylor, R.G.; Geesink, G.H.; & Thompson, V.F. (1995). Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *Journal of Animal Science*, 73, 1351.

Thompson, J. M. (2002). Managing meat tenderness. *Meat Science*, 62, 295-308.

Thompson, J.M., Polkinghorne, R.J., Gee, A., Motiang, D., Strydom, P., Mashau, M., Ng'ambi, J., Kock, R., & Burrow, H. (2010). Beef palatability in the Republic of South Africa: implications for niche-marketing strategies. ACIAR Technical Reports 72. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, Australia.

Thompson, K.L., Gardner G.E., Simmon, N., & Thompson, J.M. (2008). Length of exposure to high post-rigor temperatures affects the tenderisation of the beef *M. longissimus dorsi*. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, 1442–1450.

Torres Filho, R. A. (2015). Avaliação da qualidade da carne bovina de nelore e aberdeen angus durante a maturação por biospeckle laser. 2015. 108p. Tese (doutorado)- Universidade Federal de Lavras. Lavras.

Torrescano, G., Sánchez-Escalante, A., Giménez, B., Roncalés, P., & Beltrán, J.A. (2003). Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science*, 64, 85-91.

Troy, D. J., & Kerry, J. P. (2010). Consumer perception and the role of science in meat industry. *Meat Science*, 86, 214-226.

Umberger, W. J., Feuz, D. M., Calkins, C. R., & Killinger-Mann, K. U. S. (2002). Consumer preference and willingness-to-pay for domestic corn-fed beef versus international grass-fed beef measured through an experimental auction. *Agribusiness*, 18, 491-504.

Varman, A.H., & Sutherland, J.P. (1998). Carne y productos cárnicos, tecnología, química y microbiología. *Série 3*. Editora Acríbia., 423p.

Veiseth, E., Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M. (2004). Factors regulating lamb longissimus tenderness are affected by age at slaughter. *Meat Science*, 68, 635–640.

- Veiseth-Kent, E., Hollung, K., & Ofstad, R. (2010). Relationship between muscle microstructure, the calpain system and shear force in bovine Longissimus dorsi muscle. *Journal of Animal Science*, 88, 34-51.
- Warris, P.D. (2000). The handle of cattle preslaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, 28, 171-186.
- Watson, R., Polkinghorne, R., & Thompson, J. M. (2008). Development of the Meat Standards Australia (MSA) prediction model for beef palatability. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 1368-1379.
- Weir, C.E. (1960). Palatability characteristics of meat. In: American Meat Institute Foundation. *The science of meat and meat products* W. H. Freeman and Company p. 212-221.
- Wheeler, T. L.; Davis, J. W.; Cross, H. R.; Lund, D. K.; Smith, S. B. (1990). Mechanism associated with the variation in meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 68, 4206-1990.
- Wheeler, T.L.; Cundiff, L.V.; Koch, R.M. (1996) Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): carcass traits and longissimus palatability. *Journal of Animal Science*, 74, 1023-1035.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., & Dikeman, M.E. (1990). Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in Bos Taurus and Bos indicus cattle. *Journal Animal Science*, 68, 2716-28.
- Wulf, D. M., Tatum, J. D., Green, R. D., Morgan, J. B., Golden, B. L., & Smith, G. C. (1996) Genetic influences on beef longissimus palatability in Charolais- and Limousinsired steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 74, 2394-2405.