

## **Sistema de apoio à tomada de decisão para avaliação da qualidade da carcaça de bovinos de corte utilizando modelagem Fuzzy**

**Allan Leon Casemiro da Silva**

Mestre, FCE/UNESP, Brasil.

allan.leon@unesp.br

**Camila Pires Cremasco Gabriel**

Professora Doutora, FCE/UNESP, Brasil.

camila.cremasco@unesp.br

**Fernando Ferrari Putti**

Professor Doutor, FCE/UNESP, Brasil.

fernando.putti@unesp.br

**Marcelo George Mungai Chacur**

Doutor, FMVZ/UNESP, Brasil.

marcelo.chacur@uol.com.br

**Luís Roberto Almeida Gabriel Filho**

Professor Doutor, FCE/UNESP, Brasil.

gabriel.filho@unesp.br

## RESUMO

Tão importante quanto à produção eficiente de um animal de qualidade é a avaliação da carcaça pelos frigoríficos. Essa avaliação mesmo que baseada em critérios delimitados é realizada de maneira subjetiva pelos indivíduos. Isso demonstra a necessidade da criação de um sistema especialista que permita tanto a redução da subjetividade na análise, quanto à valoração com variáveis mais complexas e não contínuas. Este capítulo objetivou o desenvolvimento de um sistema de apoio à tomada de decisão, para avaliação da carcaça de bovinos de corte nos frigoríficos utilizando-se da modelagem com lógica fuzzy. Para construção das funções de pertinência foram utilizados os conhecimentos subjetivos dos especialistas sobre a avaliação qualitativa das carcaças de bovinos de corte. Foram utilizadas como características indicativas de qualidade: maturidade do animal, peso e acabamento de gordura, sendo que a variável de saída foi a qualidade. O modelo fuzzy proposto apresentou compatibilidade de 89,5% com a pontuação dos especialistas, e permitiu uma especificidade maior do score apresentado reduzindo a diferença entre as classificações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lógica Fuzzy. Sistemas especialistas. bovinos de corte.

## 1 INTRODUÇÃO

A ampliação do mercado de carnes, e aumento da participação brasileira na produção mundial, levou à necessidade da análise qualitativa das carcaças durante o abate pelos frigoríficos. Os critérios de qualidade das carcaças, que antes eram subjetivos, passaram a ser mensuráveis, e posteriormente regulamentados por legislações específicas.

Principalmente nos países da Europa e da América do Norte, a estabilização da demanda de carne, fez com que os mercados buscassem produtos com certificações, que respeitem critérios ambientais e de maior qualidade (OECD e FAO, 2021).

Sendo o maior exportador de carne bovina com 17% das movimentações, em 2020 Brasil enviou 2,40 milhões de toneladas de carne bovina à mercados internacionais como Asia e Europa (ABIEC, 2021; XIMENES E SOARES, 2021). Esses mercados exigem níveis de padronização no acabamento, da carcaça, além dos padrões sanitários exigidos (FAO, 2018; DIAS, 2021).

Com o aumento da exportação brasileira de carnes a mercados mais exigentes, surgiu a necessidade da melhora na qualidade da tipificação e do acabamento do rebanho. Mesmo com a evolução da exportação de carne bovina pelo Brasil, a maioria dos animais abatidos ainda não tem a sua qualidade estipulada por padrões técnicos exigidos pelos mercados internacionais (ABIEC, 2020).

A falta de informação do produtor rural, fez com que as organizações públicas e os frigoríficos tomassem ações no sentido de estimular e valorar os animais com maior qualidade percebida pelo consumidor final. (COUTINHO FILHO et al., 2006). Estas levaram os produtores a aprimorar o manejo, melhorando o perfil genético, a alimentação que levaram a possibilidade da redução na idade do abate.

O abate de animais precoces, também permitiu a inclusão de animais não castrados no padrão de qualidade, tendo em vista que o nível nutricional dos animais não sofre influência da castração quando são abatidos com menos de 24 meses de idade, e esses animais também apresentam maiores pesos e ganhos de peso e carcaças mais pesadas, com maior rendimento, maior proporção de tecido muscular, porém com espessura de gordura subcutânea semelhante à dos castrados (ITAVO et al., 2008).

A indústria internacional de carne bovina exige um índice de qualidade potencial da carcaça, levando os produtores a buscar melhorias genéticas e de manejo para atender a

demanda de qualidade alimentar exigida por esses mercados (MCGILCHRIST et al., 2019). Estudos têm explorado a variabilidade para selecionar animais com maior potencial e características de qualidade de carne e carcaça que são difíceis de medir em animais vivos, sendo necessário investigar variantes que influenciem as características para selecionar os melhores animais (CARRASCO-GARCÍA et al., 2020)

Grandes frigoríficos começaram a bonificar, no momento do abate, carcaças de bovinos que atendam determinados padrões de qualidade e que podem ser entregues ao consumidor como carne de qualidade superior (DIAS, 2017).

No Brasil, para que isso seja efetivo, a correta avaliação das carcaças, mesmo que baseada em critérios estabelecidos pela Instrução Normativa nº 9, de 4 de maio de 2004, do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ainda depende de uma análise subjetiva do avaliador do frigorífico no momento do abate.

Neste contexto, faz-se necessário um sistema especialista que permita tanto a redução da subjetividade na análise, quanto à valoração com variáveis mais complexas e não contínuas. O modelo matemático proposto neste trabalho se baseia na lógica fuzzy, cuja aplicação em sistemas de apoio à decisão na área do agronegócio tem sido utilizada por vários pesquisadores (GABRIEL FILHO et al., 2016; PUTTI et al., 2014; CREMASCO et al., 2010).

O presente capítulo teve como objetivo desenvolver um sistema de apoio à tomada de decisão, para avaliação da carcaça de bovinos de corte nos frigoríficos utilizando-se da modelagem com lógica fuzzy (JANG, SUN, MIZUNAMI, 1997).

Para construção das funções de pertinência foram utilizados os conhecimentos subjetivos dos especialistas sobre a avaliação qualitativa das carcaças de bovinos de corte (SILVA et al., 2017). Posteriormente os dados dos animais foram inseridos no modelo para que fossem comparadas à classificação utilizada por frigoríficos para avaliação qualitativa das carcaças, com a pontuação inferida pelo modelo fuzzy.

## 2 METODOLOGIA

Para construção do presente trabalho foi desenvolvido um modelo matemático baseado em lógica *fuzzy*. Para levantamento e relevância das variáveis foi utilizado como referência as características apresentadas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária Brasileiro (MAPA, 2004). Tendo como base as características indicativas de qualidade: maturidade do animal, peso final e acabamento de gordura, foram definidas as funções de pertinência.

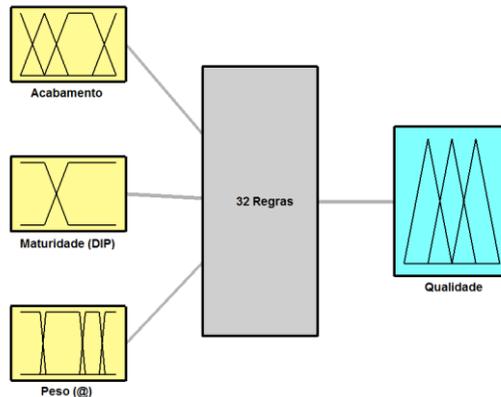
Com base nessas características e nos padrões utilizados pelo mercado, foram estabelecidos os valores de referência, onde a carcaça apresenta a maior valoração no frigorífico, dando maior retorno a cadeia produtiva e carne de melhor qualidade ao consumidor.

Desenvolveu-se o modelo *fuzzy*, para avaliar a qualidade da carcaça de bovinos de corte não castrados e estabelecer quais os padrões mais desejados pelo mercado e como a carcaça pode ser avaliada com maior objetividade e precisão.

### 2.1 MODELAGEM FUZZY

Para o desenvolvimento do modelo foi utilizado os dados apresentados por Silva et al. (2017), sendo que o modelo apresenta uma função em que  $f : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$ , com  $(x_1, x_2, x_3) \mapsto f(x_1, x_2, x_3)$ , sendo  $\mathbb{R}$  o conjunto de números reais,  $x_1$  acabamento de gordura,  $x_2$  maturidade do animal,  $x_3$  peso da carcaça quente e  $y$  a qualidade da carcaça (Figura 1).

Figura 1 - Demonstração do sistema especialista baseado em lógica fuzzy para avaliação de carcaças de bovinos de corte não castrados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como variáveis de entrada (*inputs*), foram adotadas acabamento de gordura, maturidade do animal e peso da carcaça quente. Para a primeira variável foram utilizadas quatro funções de pertinência (3 *trimf* e 1 *trapmf*), tendo em vista a complexidade da utilização dos dados contínuos. Para a segunda variável foram utilizadas duas funções de pertinência (2 *trapmf*) e para a terceira variável, quatro funções de pertinência (4 *trapmf*). Como variável de saída (*output*), foi considerado a qualidade tendo três funções de pertinência (3 *trimf*). As funções de pertinência foram construídas conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Demonstração do conjunto de regras para construção das funções de pertinência do modelo fuzzy.

TRAPEZOIDAL (trapmf)	TRIANGULAR (trimf)
$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a \leq x < b \\ 1 & \text{if } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{if } c < x \leq d \\ 0 & \text{caso oposto} \end{cases}$ <p>Ou</p> $trapmf(x; a, b, c, d) = \max(\min(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}, 0))$	$f(x, a, b, c, ) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a < x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{if } b < x \leq c \\ 0 & \text{caso oposto} \end{cases}$ <p>Ou</p> $trimf(x; a, b, c, ) = \max(\min(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}, 0))$

Fonte: Adaptado de Putti et al. (2014) e Cremasco et al. (2010).

Considerando as variáveis escolhidas (MAPA, 2004), foi realizado a modelagem baseada nos dados (SILVA et al., 2017), para construção das funções de pertinência das variáveis de entrada “Acabamento”, “Maturidade” e “Peso” e para a variável de saída “Qualidade”.

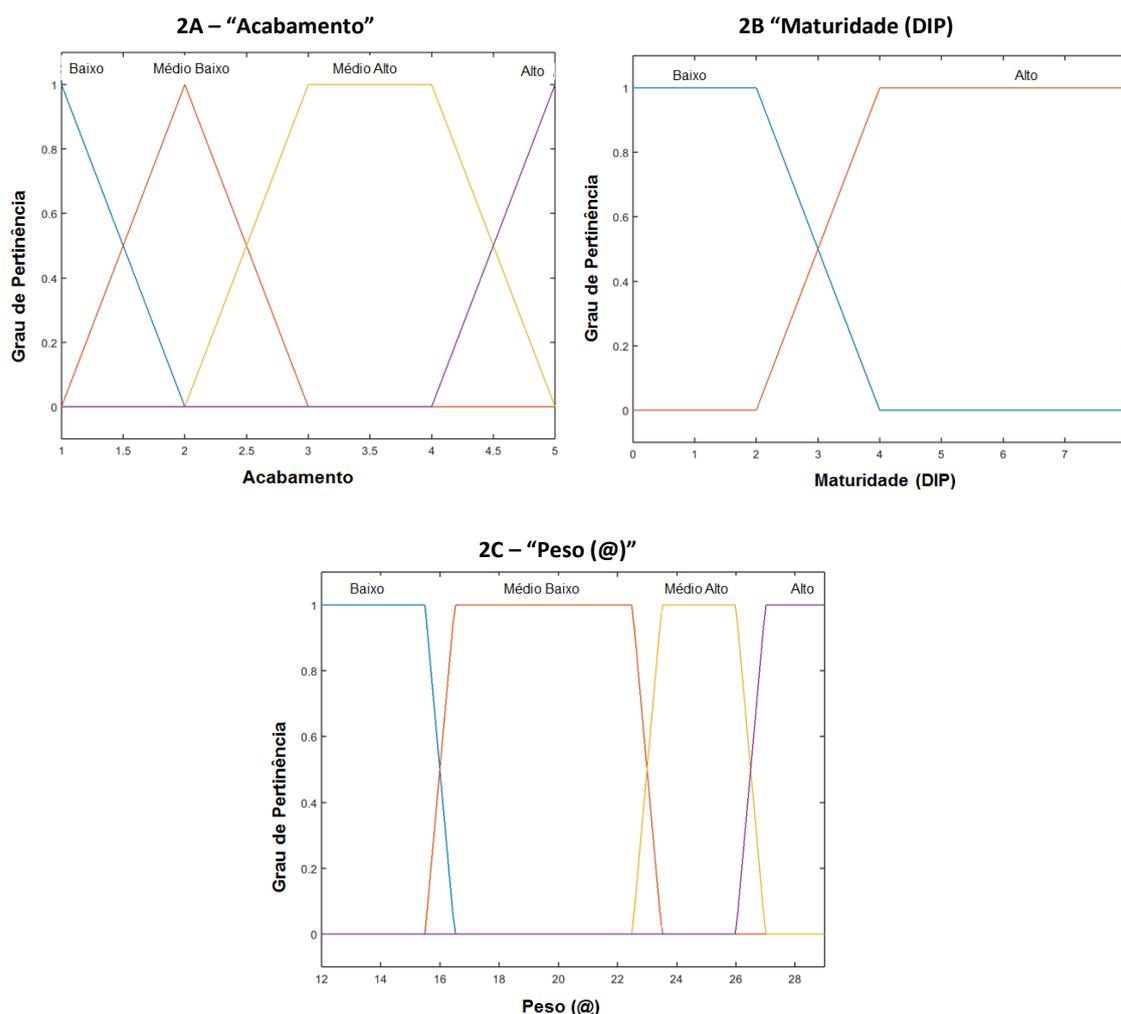
## 2.2 VARIÁVEIS DE ENTRADA

A Figura 2 mostram as funções de pertinência das variáveis de entrada. Para a variável “Acabamento”, foi utilizado como acabamento de gordura, a medida da espessura de gordura do contrafilé na altura da penúltima (12ª.) costela, perpendicularmente à camada de gordura.

Para construção da “Maturidade”, foi utilizado como padrão a quantidade de Dentes Incisivos Permanente (DIP) que permite avaliar a idade aproximada do animal no momento do abate.

As funções de pertinência da variável “Peso”. Na construção desta variável foi utilizado o peso da carcaça quente após o abate, tendo como unidade de medida a arroba (15 kg).

Figura 2 - Demonstração das variáveis de entrada do sistema especialista baseado em lógica fuzzy para avaliação de carcaças de bovinos de corte não castrados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a Figura 2A, foram estipuladas 4 funções de pertinência (3 *trimf* e 1 *trapmf*), as funções linguísticas foram definidas da seguinte forma: “Baixo” para acabamento 1; “Médio Baixo” para acabamento 2; “Médio Alto” para acabamento 3 e 4; e “Alto”, para acabamento 5. Foram utilizadas *MFs* de construções *trimf* e *trapmf*, tendo em vista que o “Acabamento” se

trata de uma variável contínua e que os valores 3 e 4 (mediana e uniforme), tem a mesma valorização qualitativa atribuída pelo especialista.

Na Figura 2B foram estipuladas 2 funções de pertinência (2 *trapmf*), as funções linguísticas foram definidas da seguinte forma: “Baixo” para de 0 a 2 DIPs, e “Alto”, para 4 a 8 dentes incisivos permanentes. Foram utilizadas *MFs* de construções *trapmf*, tendo em vista que a “Maturidade” se trata de uma variável contínua.

A Figura 2C demonstra 4 funções de pertinência (4 *trapmf*), as funções linguísticas foram definidas da seguinte forma: “Baixo” para “Peso” entre 11,5 e 15,5 arrobas; “Médio Baixo” para “Peso” entre 16,5 e 22,5 arrobas; “Médio Alto” para “Peso” entre 23,5 e 26 arrobas; e “Alto”, para “Peso” acima de 27 arrobas. Optou-se pela utilização da unidade de medida de arrobas, no lugar de quilograma, tendo em vista que essa primeira é a mais utilizada pelos produtores e frigoríficos, deixando o sistema *fuzzy*, mais fácil de ser interpretado e utilizado.

### 2.3 VARIÁVEL DE SAÍDA QUALIDADE

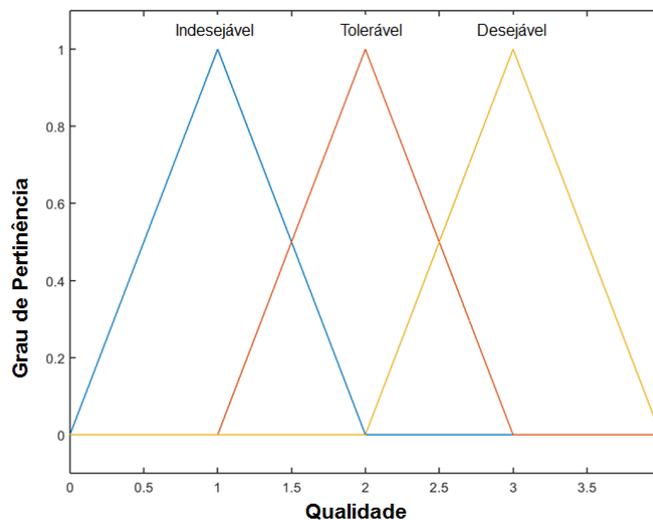
A Tabela 2 e a Figura 3 apontam as funções de pertinência da variável de saída “Qualidade”. Para construção desta, utilizou-se o padrão esperado de qualidade, (Indesejável, Tolerável, e Desejável) conforme proposto por Silva et al. (2017), por ser a terminologia adotada pelos frigoríficos para inferir as características de qualidade da carcaça.

Tabela 2 - Funções de pertinência do modelo *fuzzy* para a variável de saída “Qualidade”.

Conjunto fuzzy	Tipo	Limite
Indesejável	Triangular	[0 1 2]
Tolerável	Triangular	[1 2 3]
Desejável	Triangular	[2 3 4]

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 - Representação gráfica das funções de pertinência para a variável de saída “Qualidade”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Figura 5, foram estipuladas 3 funções de pertinência (3 *trimf*), as funções linguísticas foram definidas da seguinte forma: “Indesejável” para “Qualidade” igual a 1; “Tolerável” para “Qualidade” igual a 2; e “Desejável”, para “Qualidade” igual a 3.

## 2.6 PROCESSO DE DEFUZZIFICAÇÃO

O modelo de inferência utilizado para cálculo do valor numérico de saída foi baseado nas e regras do método de Mandami. Para defuzzificação foi utilizado o método de Centro de Gravidade ou Centroide, considerando pesos médios como  $\mu_A(x)$ , sendo  $x$  como peso. A variável “Peso” foi adotada com contínua, e as variáveis “Acabamento” e “Maturidade” foram adotadas como discretas. Foram utilizadas fórmulas conforme demonstradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Método de defuzzificação para variáveis contínuas (1) e para variáveis discretas (2).

Variável Contínua	Variável Discreta
$\bar{z} = \frac{\int \mu_A(x)x dx}{\int \mu_A(x) dx}$	$\bar{z} = \frac{\sum_x \mu_A(x)x}{\sum_x \mu_A(x)}$

Fonte: Adaptado de Putti et al. (2014), Cremasco et al. (2010).

Para a realização das simulações numéricas do controlador *fuzzy* desenvolvido, utilizou-se o software MATLAB 15a por meio da ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox*.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no cruzamento das informações obtidas dos pareceres de especialistas (SILVA et al., 2017), a revisão de literatura e Instruções Normativas do MAPA (2004), realizou-se a base de regras do modelo *fuzzy*, após esta foi testada e foram feitas simulações que permitiram atingir um maior nível de precisão. Assim a “Qualidade” da carcaça foi classificada com precisão tendo em vista a variação dos fatores de “Acabamento”, “Maturidade” e “Peso” da carcaça quente de machos não castrados ou machos inteiros.

### 3.1 BASE DE REGRAS

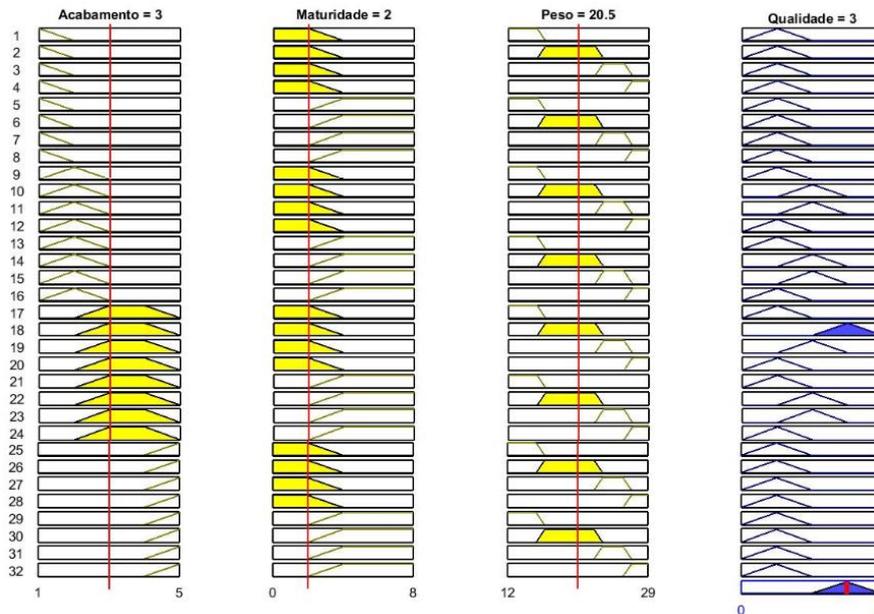
Para construção das regras foi utilizado um padrão linguístico condicional “SE”, com delimitador causal “ENTÃO”. Como exemplo a primeira regra:

*se “Acabamento” é BAIXO; se “Maturidade” é BAIXO; se “Peso” é BAIXO,  
ENTÃO “Qualidade” é INDESEJÁVEL.*

O sistema apresenta 32 regras para o modelo *fuzzy* de avaliação da qualidade das carcaças, sendo que 26 regras retornaram a saída “Qualidade” como Indesejável, 7 regras retornaram a “Qualidade” como Tolerável e 1 regra retornou “Qualidade” como Desejável.

A Figura 4 exemplifica a modelagem das regras, com inferência pelo método Mandami. Acionando as entradas para *Acabamento* = 3 (*mediano*), *Maturidade* = 2 (*2 Dentes incisivos permanentes*), e "*Peso*" = 20,5 (*307,5 Kg*), obteve o score de saída *fuzzy* da *Qualidade* = 3 (*Qualidade Desejável*).

Figura 4 - Inferência pelo Método de Mandami. – MATLAB 15<sup>a</sup>.

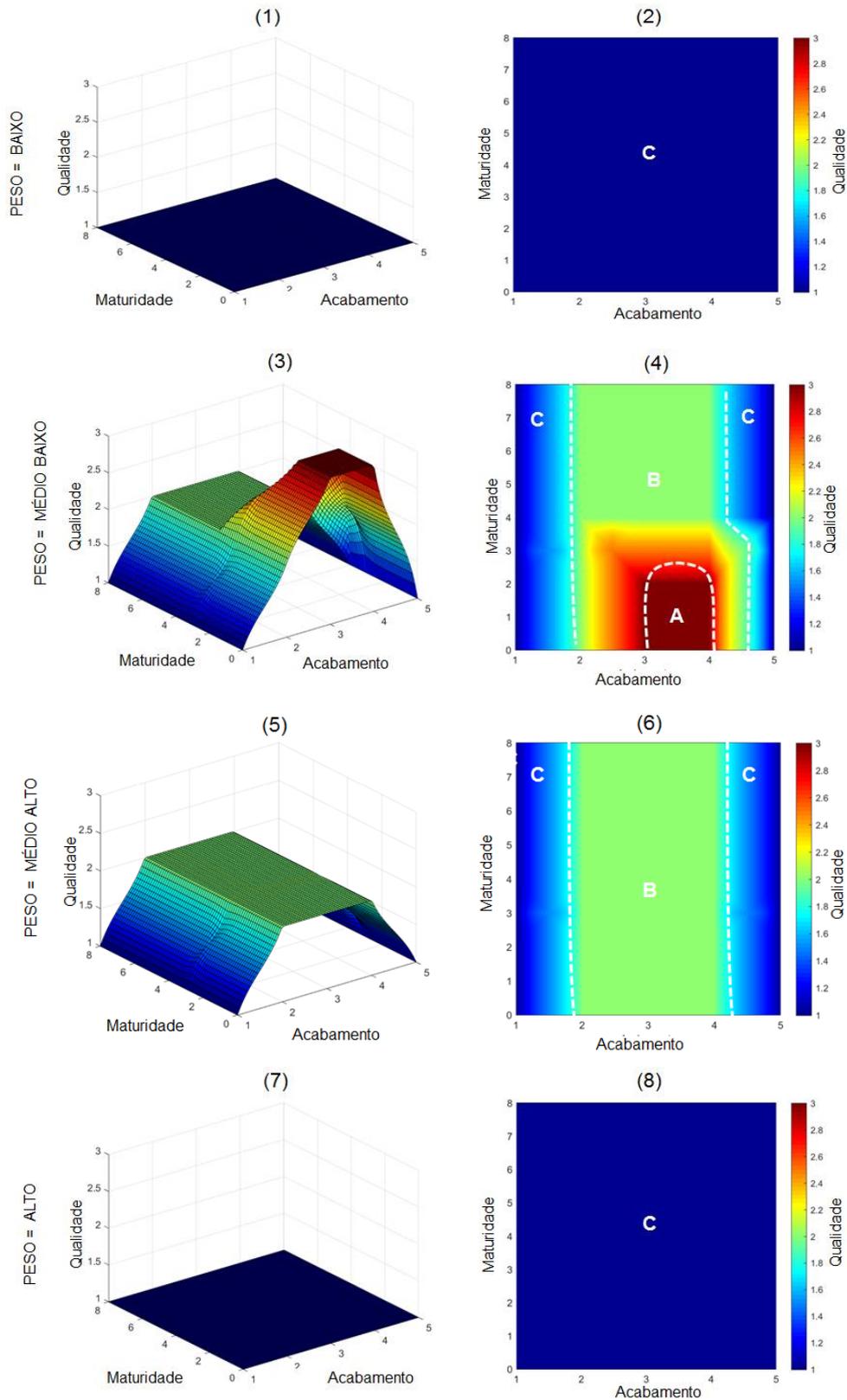


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2 MODELAGEM FUZZY PARA AVALIAÇÃO DA CARÇA DE BOVINOS

A Figura 5 apresenta as Superfícies e Mapa de Contorno do modelo *fuzzy* elaborado. Estes permitem analisar as variáveis utilizadas e suas regiões, tendo em vista que a superfície plotada com MATLAB 15a, permite apenas a visualização de duas variáveis de entradas e suas interferências nas variáveis de saída, para confecção dos gráficos uma das variáveis foi fixada. Tendo em vista que o modelo contou com 3 variáveis de entrada, houve a plotagem de superfícies.

Figura 5 - Superfície (1,3,5 e 7) e Mapa de Contorno (2,4,6 e 8) para as variáveis “Acabamento” × “Maturidade” e suas interações sobre a Qualidade no modelo fuzzy.



\* A=Desejável; B=Tolerável; C=Indesejável  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 5 (1) e (2) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Peso* = *BAIXO* sendo  $\{11,5 \leq x \leq 15,5\}$ , variando as entradas *Maturidade* e *Acabamento*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Indesejável (C)*. Quando variável *Peso* = *BAIXO*, a variável de resposta *Qualidade* apresentará como resposta absoluta *Indesejável (C)*, independente das outras variáveis.

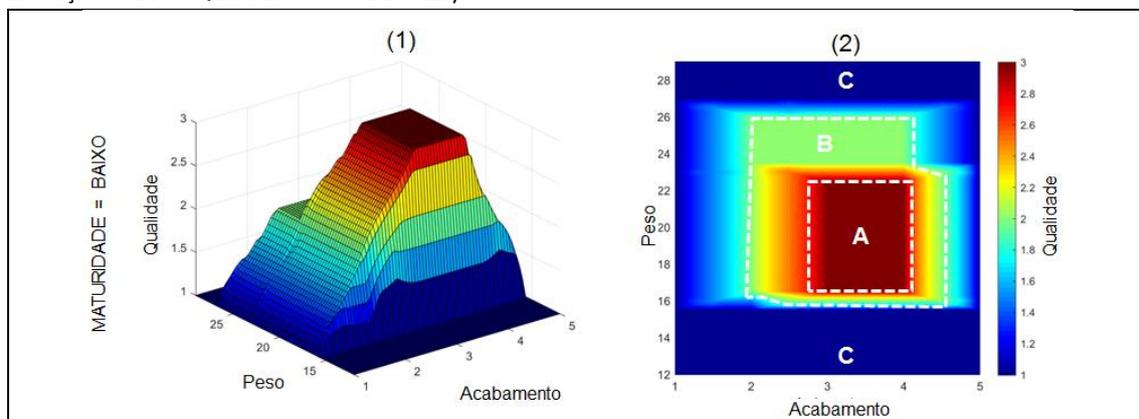
A Figura 5 (3) e (4) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Peso* = *MÉDIO BAIXO* sendo  $\{16,5 \leq x \leq 22,5\}$ , verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Desejável (A)*, quando o  $\bar{X} \times \bar{Y}$ , onde  $\bar{X} = \{x \in \mathbb{R}/2 \leq x \leq 4\}$  da variável *Acabamento* e  $\bar{Y} = \{y \in \mathbb{R}/0 \leq y \leq 2\}$  da variável *Maturidade*, considera-se o melhor resultado possível para o produtor. Nota-se também a região *Tolerável (B)* que encontra-se intervalo  $[1,5; 2,5] \cap [4,2; 4,8]$  na no eixo *x* (*Acabamento*) e  $[0,8]$  no eixo *y* (*Maturidade*). Além disso, verifica-se que a *Indesejável (C)* ocorre quando o *Acabamento* varia entre  $[1, 1,5] \cap [4,8, 5]$  enquanto no eixo *y* (*Maturidade*) varia entre  $[0,8]$ .

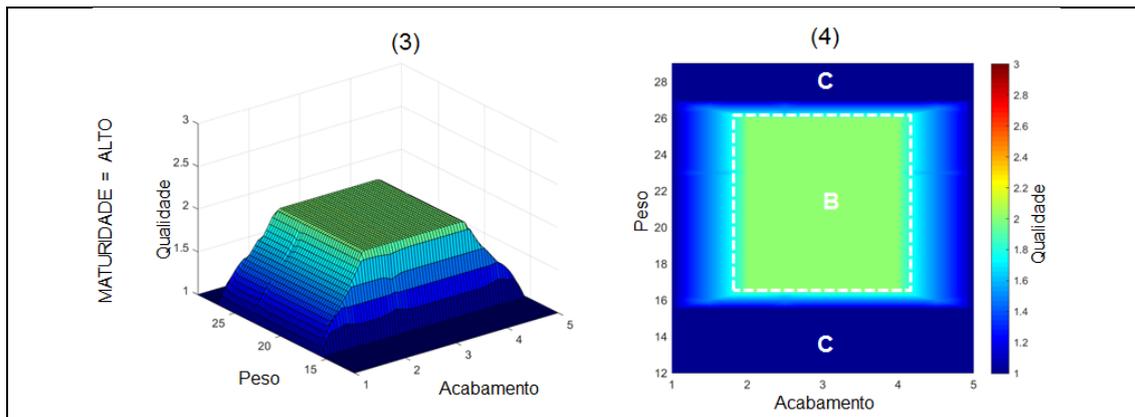
Já nos itens (5) e (6) da Figura 5 verifica-se a variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Peso* = *MÉDIO ALTO* sendo  $\{23,5 \leq x \leq 26,0\}$ , na região *Tolerável (B)* que encontra-se intervalo *Acabamento*  $[2,0; 4,0]$  independente do valor atribuído a variável *Maturidade*. A resposta de *Qualidade* como *Indesejável (C)*, aparece quando à variável de entrada *Acabamento* é dado valores  $[1,0; 2,0]$  e  $[4,0; 5,0]$ .

A Figura 5 (7) e (8) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Peso* = *ALTO* sendo  $\{27,0 \leq x \leq 29,5\}$ , com as variáveis de entrada *Maturidade* e *Acabamento*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Indesejável (C)*, quando variável *Peso* = *ALTO*, a variável de resposta *Qualidade* também apresentará como resposta absoluta *Indesejável (C)*, independente das outras variáveis.

Ainda pode-se verificar que se a variável *Acabamento* está em  $[2,5; 4,0]$  e a *Maturidade* em  $[0,2]$  a *Qualidade* é *Desejável (A)* ao produtor, porém se a *Maturidade* esta em  $[2,8]$  a *Qualidade* é *Tolerável (B)*, ou seja, a *Qualidade* pode ser determinada como *Tolerável (B)* ou *Desejável (A)* se *Maturidade* esta em  $[0,8]$  e houver a variação do *Acabamento* em  $[1,5; 4,8]$ .

Figura 6 - Superfície (1 e 3) e Mapa de Contorno (2 e 4) para as variáveis “Maturidade” × “Peso” e suas interações sobre a Qualidade no modelo fuzzy.



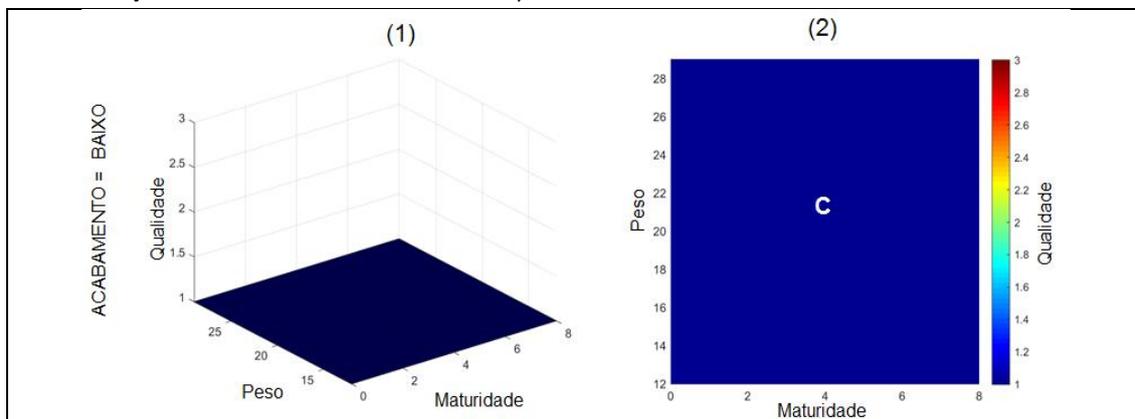


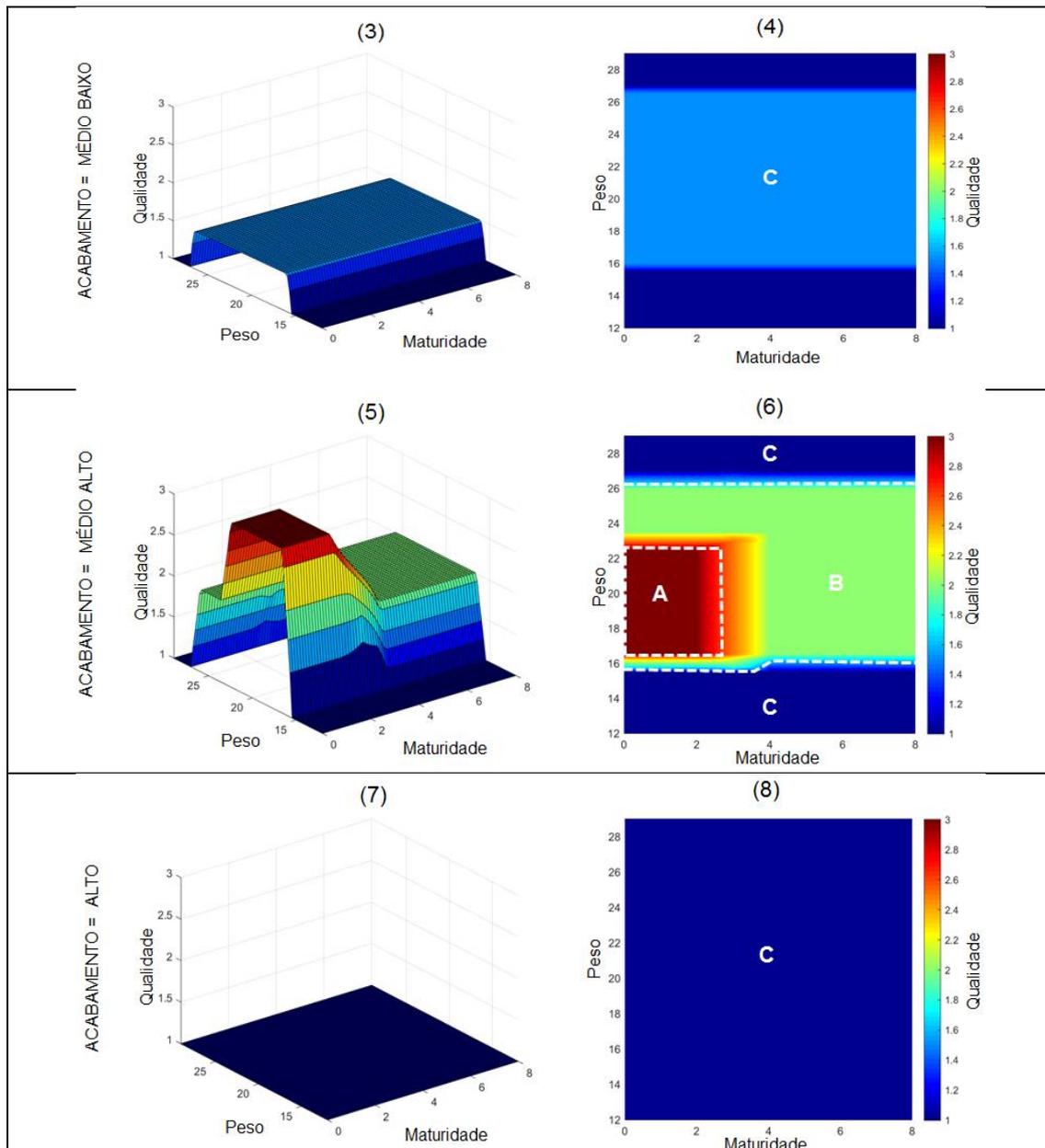
\* **A**=Desejável; **B**=Tolerável; **C**=Indesejável  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 6 (1) e (2) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Maturidade* = *BAIXO* sendo  $\{0 \leq x \leq 2\}$ , verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Desejável* (**A**), quando o  $\bar{X} \times \bar{Y}$ , onde  $\bar{X} = \{x \in \mathbb{R}/3 \leq x \leq 4\}$  da variável *Acabamento* e  $\bar{Y} = \{y \in \mathbb{R}/17 \leq x \leq 22\}$  da variável *Peso*, considera-se o melhor resultado possível para o produtor. Nota-se também a região *Tolerável* (**B**) que encontra-se intervalo  $[2,0; 3,0] \cap [4,0; 4,5]$  do eixo *x* (*Acabamento*) e  $[16,0; 26,0]$  sendo que (**B**)  $\notin$  (**A**) do eixo *y* (*Peso*). Além disso, verifica-se a variável *Indesejável* (**C**) ocorre quando o *Acabamento* varia entre  $[1,0; 2,0] \cap [4,8, 5]$  enquanto no eixo *y* (*Peso*) varia entre  $[12,0; 15,5] \cap [26,5; 29,5]$ .

A Figura 6 (3) e (4) demonstra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Maturidade* = *ALTO* sendo  $\{4,0 \leq x \leq 8,0\}$ , com as variáveis de entrada *Peso* e *Acabamento*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Tolerável* (**B**), que encontra-se intervalo *Acabamento*  $[2,0; 4,0]$  se a variável *Peso*  $[16,5; 26; 0]$ .

Figura 7 - Superfície (1,3,5 e 7) e Mapa de Contorno (2,4,6 e 8) para as variáveis “Acabamento” × “Peso” e suas interações sobre a *Qualidade* no modelo fuzzy.





\* **A**=Desejável; **B**=Tolerável; **C**=Indesejável  
 Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 7 (1) e (2) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Acabamento* = *BAIXO* sendo  $\{1 \leq x \leq 2\}$ , variando as entradas *Peso* e *Maturidade*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Indesejável* (**C**). Quando variável *Acabamento* = *BAIXO*, a variável de resposta *Qualidade* apresentará como resposta absoluta *Indesejável* (**C**), independente das outras variáveis.

Já a Figura 7, (3) e (4) obteve a variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Acabamento* = *MÉDIO BAIXO* sendo  $\{2 \leq x \leq 3\}$ , com as variáveis de entrada *Peso* e *Maturidade*, verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Indesejável* (**C**). Quando variável *Acabamento* = *BAIXO*, a variável de resposta *Qualidade* será *Indesejável* (**C**), com variação de score [1,0; 1,5], quando *Peso* [15,5; 27,0].

A Figura 7 (5) e (6) ilustra as regiões da variável de saída *Qualidade* fixando a variável *Acabamento* = MÉDIO ALTO sendo  $\{3 \leq x \leq 4\}$ , verifica-se como resposta a *Qualidade* como *Desejável* (**A**), quando o  $\bar{X} \times \bar{Y}$ , onde  $\bar{X} = \{x \in \mathfrak{R}/16,5 \leq x \leq 26,5\}$  da variável *Peso* e  $\bar{Y} = \{y \in \mathfrak{R}/0 \leq x \leq 2\}$  da variável *Maturidade*, considera-se o melhor resultado possível para o produtor. Nota-se também a região *Tolerável* (**B**) que se encontra como  $[16,0; 26,0]$  sendo que (**B**)  $\not\subset$  (**A**) do eixo *x* (*Peso*) e  $[0; 8,0]$  sendo que (**B**)  $\not\subset$  (**A**) do eixo *y* (*Maturidade*). Além disso, verifica-se a variável *Indesejável* (**C**) ocorre quando o *Peso* varia entre  $[12,0; 16,0] \cap [26,0; 29,0]$  enquanto no eixo *y* (*Maturidade*) varia entre  $[0; 8]$ .

A Figura 7 (5) e (6) ilustra que os animais com *Peso* abaixo de 16 arrobas e acima de 26 arrobas possuem *Qualidade Indesejável* (**C**) independente do *Acabamento*. Todavia em na faixa de *Acabamento*  $[2,0; 4,0]$  o produtor que possuir animais com *Peso* 16 arrobas, por exemplo, recomenda-se suplementar até no máximo 24 arrobas, para gerar *Qualidade* com score, otimizando o lucro do produtor.

As Figuras 5, 6 e 7 corroboram com o padrão de avaliação proposto por Silva et al. (2017), sobre a classificação das carcaças bovinas de machos não castrados, e permite a visualização das regiões de classificação *Desejável* (**A**), *Tolerável* (**B**) e *Indesejável* (**C**).

As regiões de transição entre as classificações, a modelagem matemática que gerou as superfícies apresentadas nas Figuras 5, 6 e 7 fazem uma generalização do conceito tabelado da literatura por meio da função matemática que considera as características dos animais e utiliza valores reais de classificação mais gradual.

O principal avanço do modelo *fuzzy* em relação à análise do especialista é permitir uma valoração intermediária entre duas classificações (*A e B*) ou (*B e C*) podendo o score da carcaça obter um valor *x* intermediário, sendo  $\{A \leq x \leq B\}$  ou  $\{B \leq x \leq C\}$ , que permite a atribuição de uma bonificação intermediária da carcaça.

O modelo de avaliação da *Qualidade* da carcaça bovina que veio atender a de necessidade de um sistema de classificação dos animais com informações concretizadas na área de bovinocultura para avaliação da qualidade da carcaça bovina frente às condições que os animais se encontravam.

A Tabela 4 apresenta a aplicação do modelo nos dados dos animais que foram objetos deste estudo, conforme descrito considerando a pontuação obtida pelo modelo *fuzzy* desenvolvido, comparado à pontuação dada utilizado os padrões definidos por SILVA et al. (2017).

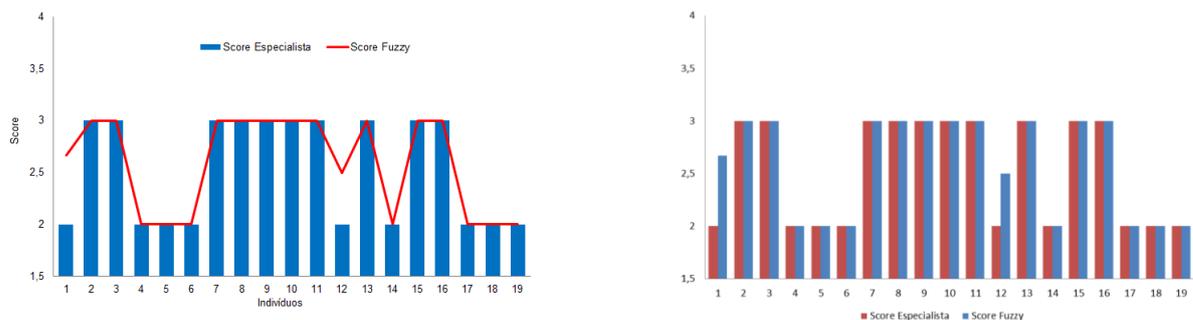
Tabela 4 - Comparação entre Score Especialista × Score Fuzzy.

Animal	DIP	Peso (@)	Acabamento	Score Especialista	Score Fuzzy
1	2	22,8	Mediano	2,0	2,7
2	2	21,5	Mediano	3,0	3,0
3	2	22,0	Mediano	3,0	3,0
4	2	23,9	Mediano	2,0	2,0
5	2	24,1	Mediano	2,0	2,0
6	2	20,6	Escasso	2,0	2,0
7	2	21,3	Mediano	3,0	3,0
8	2	20,8	Mediano	3,0	3,0
9	2	21,6	Mediano	3,0	3,0
10	2	22,3	Mediano	3,0	3,0
11	2	20,4	Mediano	3,0	3,0
12	2	23,0	Mediano	2,0	2,5
13	2	20,5	Mediano	3,0	3,0
14	2	22,9	Escasso	2,0	2,0
15	2	20,4	Mediano	3,0	3,0
16	2	21,8	Mediano	3,0	3,0
17	2	22,4	Escasso	2,0	2,0
18	2	18,7	Escasso	2,0	2,0
19	2	21,0	Escasso	2,0	2,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 8 demonstra a diferença entre o score apresentado pelo especialista (DIAS, 2017) e pelo modelo *fuzzy*.

Figura 8 - Gráfico de comparação entre Score Especialista x Score Fuzzy.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se que o score *fuzzy* foi assertivo na grande maioria dos animais e houve dois valores discordantes, nota-se na Tabela 7 que o primeiro valor e o décimo segundo valor o score apresentam diferenças e isto ocorre, pois o score do especialista baseia-se em tabela com valores fixos, não possuem transição gradual entre as classificações, ou seja, existem casos que o score especialista verifica que o *Acabamento* é inadequado se for considerando “1” sendo fixas as variáveis *Peso* e *Maturidade* e quando a variável “Acabamento” encontra-se em “2” sendo as outras variáveis fixas de mesma forma. Com o modelo *fuzzy* pode-se as transições entre os scores são graduais entre as classificações, como observado na Tabela 10.

Verifica-se ainda 89,5% de compatibilidade diante dos dados analisados. Além disso, pode-se afirmar que os dados com valores discordantes (indivíduos 1 e 12), no modelo *fuzzy* apresentou um score maior, justamente por estarem situados na intersecção dos conjuntos.

## 4 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou desenvolver um sistema de apoio à tomada de decisão para qualificação das carcaças de bovinos não castrados. O modelo baseado em lógica *fuzzy* buscou modelar o padrão de pensamento para classificação objetiva das carcaças.

O modelo *fuzzy* proposto apresentou compatibilidade de 89,5% com a pontuação dos especialistas, e permitiu uma especificidade maior do score apresentado reduzindo a diferença entre as classificações. Se as variáveis “*Maturidade*” e “*Acabamento*” fossem apresentadas pelo especialista como discretas, o modelo teria uma especificidade maior, tendo maior grau de objetividade.

Possibilitar uma modelagem objetiva, baseado em um sistema especialista pode levar aos frigoríficos um aumento dos critérios de avaliação, permitindo com que as carcaças tenham pontuações mais específicas. Isso pode gerar uma diferenciação das carnes produzidas, buscando uma valorização maior no mercado consumidor, e resultado numa melhor remuneração ao produtor.

Logo se pode concluir que a modelagem matemática apresentou análise do comportamento e a influência das características na “*Qualidade*”, conforme os objetivos deste trabalho, levando a um novo método de classificação da carne buscando generalizar o existente na literatura.

Como estudos futuros, sugere-se também a criação de um modelo especialista que permita ao produtor a valoração do animal, antes que seja enviado para o abate. Isso levaria a uma estimativa de ganho ao produtor, diminuindo a assimetria de informação entre sua expectativa e os resultados apontando pelo frigorífico.

## REFERÊNCIAS

ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Beef Report** – Perfil da Pecuária no Brasil 2020, Brasília, DF, 2020.

ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Beef Report** – Perfil da Pecuária no Brasil 2021, Brasília, DF, 2021.

CARRASCO-GARCÍA, A. A.; PARDÍO-SEDAS, V. T.; LEÓN-BANDA, G. G.; AHUJA-AGUIRRE, C.; PAREDES-RAMOS, P.; HERNÁNDEZ-CRUZ, B. C.; MURILLO, V. V.. Effect of stress during slaughter on carcass characteristics and meat quality in tropical beef cattle. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 33, p. 1656, 2020.

COUTINHO FILHO, J. L. V.; 1, PERES, R. M.; JUSTO, C. L.. Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2043-2049, 2006.

CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CATANEO, A. Metodologia de determinação de funções de pertinência de controladores *fuzzy* para avaliação energética de empresas de avicultura de postura. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 21-39, 2010.

DIAS, F. **A Qualidade da Carne Brasileira** – Conexão JBS. Disponível em: < <http://www.asbram.org.br/wp3/wp-content/uploads/2016/06/AQualidadeDaCarneBrasileira-FabioDias-ConexaoJBS.pdf>>. Acessado em 20 março de 2017.

DIAS, F. R. T.; DE MEDEIROS, S. R.; MALAFAIA, G. C.. Consumo mundial de carne bovina com crescimento menor nos próximos anos. **Embrapa Pantanal** (INFOTECA-E), 2021.

FAO, Food and Agriculture Organization, The State of Agricultural Commodity Markets 2018. **Agricultural trade, ClimateChange and Food Security**. FAO, 2018.

GABRIEL FILHO, L. R. A.; PUTTI, F. F.; CREMASCO, C. P.; BORDIN, D.; CHACUR, M. G. M.; GABRIEL, L. R. A. Software to Assess Beef Cattle Body Mass Through the Fuzzy Body Mass Index. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 179–193, 2016.

ITAVO, L. C. V. et al . Desempenho produtivo, características de carcaça e avaliação econômica de bovinos cruzados, castrados e não-castrados, terminados em pastagens de *Brachiaria decumbens*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 5, p. 1157-1165, 2008 .

JANG, J. S. R.; SUN, C.-T.; MIZUNAMI, E.; **Neuro-fuzzy and Soft Computing**, Local: Prentice Hall, 1997.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, **Sistema Nacional de Tipificação de Carcaças Bovinas**. Instrução Normativa Nº 9, de 4 de maio de 2004, Brasília, 2004.

MCGILCHRIST, P.; POLKINGHORNE, R.; BALL, A.; THOMPSON, J.. The Meat Standards Australia Index indicates beef carcass quality. *Animal*, v. 13, p.1750-1757, 2019.

OECD, The Organisation for Economic Co-operation and Development; FAO, Food and Agriculture Organization. **Agricultural Outlook 2021-2030**, OECD Publishing, Paris, 2021. doi.org/10.1787/19428846-en.

OECD, The Organisation for Economic Co-operation and Development. **Making Better Policies for Food Systems**, OECD Publishing, Paris, 2021.

PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; SILVA, A. O.; LUDWIG, R.; GABRIEL, C. P. C.. Fuzzy Logic to evaluate vitality of *catasetum fimbriatum* species (*orchidacea*). **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 3, p. 405–413, 2014.

SILVA, A. L.; PRATA, C. B.; SILVA, C. C.; CASTRO, D. A. F.; PEDROSO, E. K.; PEREIRA, E.; SILVA, F. G.; PIRELLI, K.; OLIVEIRA, N.; MARIANO, O.; ALVES, R.; PINTO, R. R.; MESTANZA, S.; CARVALHO, T.. **Classificação de carcaça bovina pelo acabamento** – Conexão JBS. Disponível em: < [http://www.conexaojbs.com.br/arquivos/classificacao\\_de\\_carcaca\\_pelo\\_acabamento.pdf](http://www.conexaojbs.com.br/arquivos/classificacao_de_carcaca_pelo_acabamento.pdf)>. Acessado em de 20 março de 2017.

VITTORI A.; QUEIROZ A. C.; RESENDE F. D.; GESUALDI JÚNIOR A.; ALLEONI G. F.; RAZOOK A. G.; FIGUEIREDO L. A.; GESUALDI A. C. L. S... Características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos, castrados e não castrados, em fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2085-2092, 2006.

XIMENES, L. F. e SOARES, K. R. . **Carne bovina**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.188, out. 2021.