

**PREVISÃO DE PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA EM  
ASSENTAMENTOS RURAIS DE MATO GROSSO DO SUL UTILIZANDO  
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

**Celso Correia de Souza**  
Universidade Anhanguera UNIDERP  
celso.correia@anhanguera.com

**Amanda Rodrigues de Oliveira**  
Universidade Anhanguera UNIDERP  
amanda.de.oliveira123@hotmail.com

**Wildson Antonio de Oliveira Bezerra**  
Universidade Anhanguera UNIDERP  
victordamage@gmail.com

**Kaique Gomes Cáceres**  
Universidade Anhanguera UNIDERP  
kaique.caceres@gmail.com

**Adriane Cristina Correa Soares Veronez**  
Universidade Anhanguera UNIDERP  
adriane.veronez@gmail.com

**RESUMO**

É muito importante poder prever as produções da agricultura e da pecuária dos assentamentos de uma região, para que sejam facilitadas as políticas públicas visando a melhoria de vida dos seus assentados. O objetivo deste estudo foi fazer a previsão da produtividade da agropecuária de assentamentos rurais de Mato Grosso do Sul (MS). Na agricultura foram escolhidos os cereais milho, feijão e mandioca, e na pecuária escolhidos, a bovina, suína e aves. A amostra constou de vinte e seis assentamentos rurais de MS, coletando dados socioeconômicos e demográficos dos assentados e as suas produções na agricultura e na pecuária. As variáveis estudadas relativas à agricultura foram as produções de milho, feijão e mandioca e, relativas à pecuária, a bovina, suína e aves. Com as médias dessas produtividades e, de posse dos níveis de produtividades de cada variável em MS fornecidas por especialistas nos assuntos, aplicou-se inteligência artificial (lógica *fuzzy*) para facilitar as decisões sobre as produções na agricultura e na pecuária desses assentamentos rurais, sobre aqueles dados que se situavam entre o completamente verdadeiro e o completamente falso. Pelos resultados obtidos foram constatadas produtividades médias tanto no setor agrícola quanto no da pecuária dos assentamentos rurais de MS.

**Palavras-chave:** Produtividade da agricultura; produtividade da pecuária; inteligência artificial na produtividade; assentamentos rurais de MS.

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de produtividade de um produtor rural está ligado ao seu sistema de produção, que é um conjunto de elementos inter-relacionados que mede a relação entre o que foi produzido e os insumos utilizados para tal, num certo intervalo de tempo. É muito importante a análise de produtividade de assentamentos rurais de Mato Grosso do Sul (MS) para as tomadas de decisões das autoridades competentes, principalmente, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (AGRAER), responsáveis pelos assentamentos de MS (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Existem dificuldades na determinação dessas produtividades, pois, a maioria dos assentamentos cultivam vários cereais e criam diversos tipos de animais, o que torna difícil a determinação de suas produtividades devido às incertezas advindas nas decisões envolvendo diferentes fatores de produtividade. A lógica fuzzy pode auxiliar nas tomadas de decisão sobre a produtividade, pois, permite o desenvolvimento de sistemas que representam decisões humanas fazendo uso de inferências, proporcionando resultados mais confiáveis se comparados com soluções utilizando a decisão humana.

O objetivo deste artigo foi estimar a produtividade da agropecuária dos assentamentos rurais utilizando lógica fuzzy, tomando como base os fatores importantes de produção para desses assentamentos, de modo a torná-los unidades de produção estruturadas inseridas de forma competitiva no processo de produção agropecuária regional. Para a consecução desse objetivo, esse foi dividido em três objetivos específicos: determinar os níveis de produtividades de assentamentos rurais de MS; utilizar a lógica fuzzy para modelar as incertezas presentes nos cálculos de produtividade.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O processo de avaliação da produtividade proposto neste trabalho baseia-se no emprego da lógica *fuzzy*, com o objetivo de analisar comparativamente os assentamentos rurais de MS. O processo consiste em identificar as entradas e as saídas relevantes para a avaliação da produtividade e que seja comum a todos os assentamentos. A produtividade que se busca analisar está baseada em duas atividades dos assentamentos: a pecuária e a agricultura.

Dessa forma, escolheu-se um conjunto de indicadores de entradas nas áreas agrícola e pecuária, e que serviram de base para o processo de avaliação de produtividade.

A escolha dos indicadores de produtividade foi feita baseada nas áreas de produção utilizadas e as respectivas produções em relação a cada assentamento. Em uma análise preliminar foi possível eleger os seguintes indicadores para as atividades elencadas:

**I) Agricultura:**

- i) Produtividade para o feijão em  $t\ ha^{-1}$ ;
- ii) Produtividade para o milho em  $t\ ha^{-1}$ ;
- iii) Produtividade para a mandioca em  $t\ ha^{-1}$ .

**II) Pecuária:**

- i) Quantidade de cabeças de bovinos por hectare ( $ua\ ha^{-1}$ );
- ii) Quantidade de cabeças de suínos por hectare ( $ua\ ha^{-1}$ );
- iii) Quantidade de cabeças de aves por ( $ua\ ha^{-1}$ ).

De posse das produtividades dos assentamentos, bem como da média das produtividades para o conjunto de assentamentos e, considerando os níveis de produtividade para as seis variáveis estabelecidas por especialistas da área pode-se aplicar conceitos de lógica *fuzzy* no conjunto de índices de produtividade resultante, que será aproximado por um número difuso (lógica *fuzzy*), de função de pertinência triangular que representará o desempenho do assentamento segundo a ótica pecuária ou agricultura.

A lógica *difusa* é baseada na teoria dos conjuntos difusos em que, se um determinado elemento pertence a esse conjunto, deve ser verificado o grau de pertinência do elemento em relação ao conjunto. Diferentemente da teoria clássica, em que o grau de pertinência é binário, ou seja, pertence ou não pertence ao conjunto, nos conjuntos difusos o grau de pertinência é a referência para verificar o quanto “é possível” esse elemento pertencer ao conjunto.

O grau de pertinência de um elemento a um conjunto é calculado através de uma função que retorna, geralmente, um valor real que varia entre 0 a 1, sendo 0 para indicar que o elemento não pertence ao conjunto, e 1, que pertence ao mesmo. Pode-se dizer que o objetivo da lógica difusa é gerar uma saída lógica a partir de um conjunto de entradas não precisas, faltantes ou até mesmo com ruídos (KAHAGURA, 2007).

Um conjunto difuso  $X$  de um universo  $U$  é expresso como um conjunto de pares

ordenados em que cada elemento de  $X$  tem o seu grau de pertinência ao conjunto,  $\mu(x)$ , variando de 0 a 1, equação (1).

$$X = \{(x, \mu(x)) \mid x \in U \text{ e } \mu(x) \in [0, 1]\} \quad (1)$$

Como acontece com a teoria convencional de conjuntos, operações entre conjuntos difusos tais como: união, interseção, complemento e produto algébrico podem ser realizadas. A união de dois conjuntos  $A$  e  $B$  subconjuntos difusos de  $X$ , resultará em um conjunto difuso cujas pertinências serão os valores máximos das respectivas pertinências dos conjuntos em questão, equação (2).

$$(A \cup B)(x) = \max(A(x), B(x)) = A(x) \vee B(x) \quad (2)$$

A interseção de dois conjuntos  $A$  e  $B$ , subconjuntos difusos de  $X$ , resultará em um conjunto difuso cuja sua pertinência será o valor mínimo das respectivas pertinências dos conjuntos em questão, equação (3)

$$(A \cap B)(x) = \min(A(x), B(x)) = A(x) \wedge B(x), \forall x \in X \quad (3)$$

O complemento de um conjunto difuso  $A$ , subconjuntos difusos de  $X$ , denotado por  $A'$ , resultará em um conjunto difuso cuja sua pertinência será a subtração de 1 pela pertinência do conjunto em questão, equação (4)

$$A'(x) = 1 - A(x), \forall x \in X \quad (4)$$

O produto algébrico de dois conjuntos  $A$  e  $B$ , subconjuntos difusos de  $X$ , denotado por  $X * Y$ , resultará em um conjunto difuso cuja sua pertinência será o produto das respectivas pertinências dos conjuntos em questão, equação (5).

$$(A * B)(x) = A(x) * B(x), \forall x \in X \quad (5)$$

Outras operações, tais como: produto limitado, produto drástico, soma algébrica, soma limitada, concentração e dilatação, consultar (KOHAGURA, 2007).

As relações entre dois conjuntos  $A$  e  $B$ , subconjuntos difusos de  $X$ , podem representar associações, interações e interconexões entre os elementos  $x \in A$  e  $y \in B$  dos dois conjuntos. A diferença dessas relações para os conjuntos clássicos está no grau de associação entre os elementos  $x$  e  $y$ . Nos conjuntos clássicos a associação é 0 ou 1, enquanto a associação difusa varia de 0 a 1, equação (6).

$$R_{A \times B}(x, y) = \{((x, y), \mu(x, y)) \mid (x, y) \in A \times B \text{ e } \mu_{A \times B}(x, y) \in [0, 1]\} \quad (6)$$

A pertinência da união de  $A$  e  $B$  é dada pelo máximo das pertinências entre eles, equação (7).

$$\mu_{A \cup B}(x, y) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \quad (7)$$

A pertinência da interseção de  $A$  e  $B$  é dada pelo mínimo das pertinências entre eles, equação (8).

$$\mu_{A \cap B}(x, y) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \quad (8)$$

Existem outras relações difusas que não foram tratadas neste trabalho, pois fugiam do seu escopo. A projeção é uma operação que reduz a dimensão de uma relação. De uma relação de duas dimensões podem-se obter duas relações de dimensões um. As equações (9) representam as projeções sobre as coordenadas  $x$  e  $y$ , respectivamente, de uma relação de duas dimensões (RODRIGUES *et al.*, 2010).

$$\mu R_1(x, y) = \underset{y}{\max}[\mu R(x, y)] \quad \text{e} \quad \mu R_2(x, y) = \underset{x}{\max}[\mu R(x, y)] \quad (9)$$

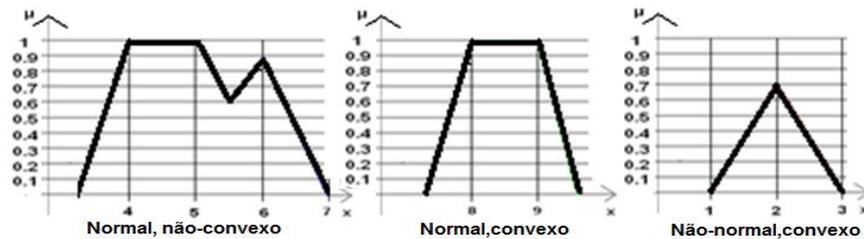
Na primeira equação,  $x$  é mantido fixo e o máximo de  $y$  é determinado em todo o seu domínio; na segunda,  $y$  é mantido fixo e o máximo de  $x$  é determinado. Dadas duas relações de pertinências difusas,  $\mu(R_1(x, y))$  e  $\mu(R_2(y, z))$ , então a pertinência da composição  $(R_1 \circ R_2)(x, z)$  é dada pela equação (10).

$$\mu((R_1 \circ R_2)(x, z)) = V_y \{ \mu(R_1(x, y)) \Lambda \mu(R_2(y, z)) \} \quad (10)$$

Onde  $V_y$  indica o máximo (variando  $y$ ) do resultado entre os colchetes e  $\Lambda_x$  indica o mínimo (variando  $x$ ) das pertinências das duas relações entre colchetes. O cálculo de  $\mu(R_1 \circ R_2)(x, y)$  utiliza o algoritmo da multiplicação de matrizes, em que  $V$  representa a soma e  $\Lambda$  o produto. Outros tipos de composições podem ser encontradas em (KOHAGURA, 2007).

Cada conjunto difuso é caracterizado pela sua função de pertinência, e é através dela que será determinada o quanto um determinado elemento pertence ao conjunto. Existem diferentes tipos de funções de pertinência. Todo conjunto de números difusos pode possuir uma função de pertinência que irá representá-lo, desde que ele seja *normal* e *convexo*. Um conjunto difuso é dito *normal* quando a sua função de pertinência permite classificar se um determinado elemento pertence totalmente ao conjunto, e é denominado *convexo* quando a sua função de pertinência não tem mais “crescimento ou decrescimento” dos valores resultantes ao longo do universo dado (ZIMMERMAN, 1991). A figura 1 mostra o gráfico de conjuntos difusos.

Figura 1 - Tipos de conjuntos difusos.



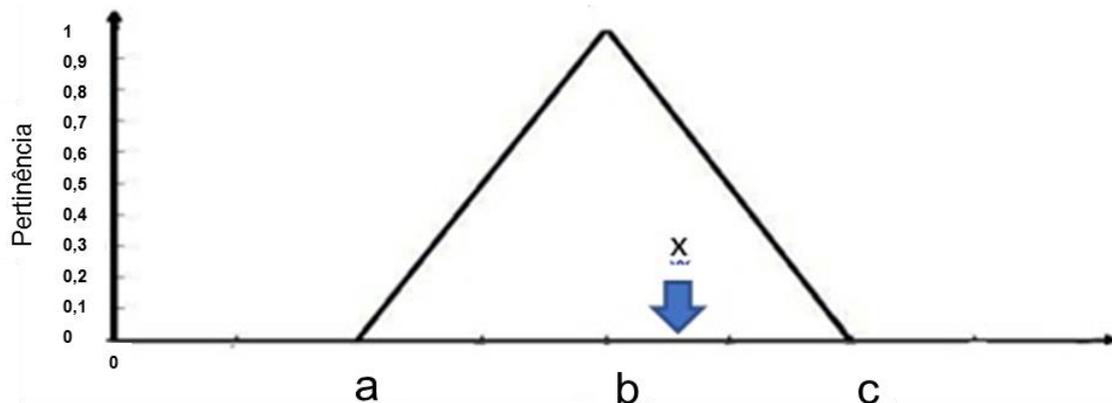
Fonte: Elaborado pelos autores

Neste trabalho de pesquisa foi utilizada a função de pertinência triangular, cujo gráfico representa um conjunto normal e convexo, equação (11).

$$\mu_{tri}(x, a, b, c) = \max\left\{\min\left\{\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right\}, 0\right\} \quad (11)$$

Onde  $a$ ,  $b$  e  $c$ , são as abscissas dos vértices de um triângulo, e  $x$  é um valor a ser determinado entre essas abscissas. A figura 2 mostra o gráfico de uma função triangular para as abscissas  $a$ ,  $b$  e  $c$ .

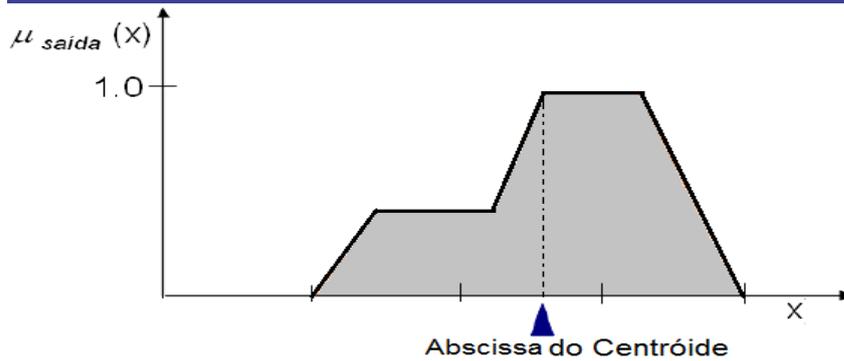
Figura 2. Representação gráfica das funções de pertinência triangular.



Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, tem-se que o desempenho parcial de cada assentamento nas produções agrícola e pecuária, que foram integrados por meio de um operador de agregação difuso, de forma a fornecer o desempenho global dos assentamentos utilizando-se do método Centroide com o operador Mamdani (min), figura 3.

Figura 3. Método de defuzzificação pelo Centro de Área (Centroide).



Fonte: Adaptado de Shaw e Simões (1999).

A abscissa do centroide pode ser calculada pelas equações (13) ou (14), sendo que a equação (14) apresenta uma melhor precisão, enquanto que na equação (13) o cálculo pode ser executado mais facilmente.

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_{saida}(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_{saida}(x_i)} \quad (13)$$

(14)

$$x^* = \frac{\int \mu(x) \cdot x \cdot dx}{\int \mu(x) \cdot dx}$$

Onde:  $x_i$ , ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), é o valor numérico da variável em cada situação  $i$ ;  $\mu_{saida}(x_i)$ , é o valor da função de pertinência para o valor de  $x_i$  em cada situação  $i$ . Os dois métodos, o primeiro, equação (13), denominado método algébrico e o segundo, equação (14), método computacional, serão utilizados neste trabalho.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objeto desta pesquisa foi o conjunto de 30 assentamentos rurais do estado de MS. Foram utilizados dados secundários quantitativos que envolviam aspectos demográficos, socioeconômicos e ambientais, oriundos de um banco de dados do INCRA (MS) sobre assentamentos de MS, no ano de 2015. As variáveis quantitativas englobaram dados sobre a produtividade de feijão, milho e mandioca, o número de bovinos, suínos, aves, em cada

assentamento, bem como, as respectivas áreas de produtividade, de forma a estimar o nível de produtividade em cada assentamento rural.

O índice final de produtividade de cada variável foi obtido pela média aritmética das produtividades da variável em todos os assentamentos amostrados. A produtividade que se busca analisar está baseada em duas atividades dos assentamentos: a pecuária e a agricultura. Na agricultura: as produtividades de feijão, milho e mandioca foram dadas na unidade toneladas por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ). Na pecuária, as produtividades bovina, suína e de aves foram dadas pelas unidades de animais por hectare ( $ua\ ha^{-1}$ ).

De posse das produtividades dos assentamentos, bem como da média das produtividades para o conjunto de assentamentos para cada produto e, considerando os níveis de produtividade para as seis variáveis estabelecidas por especialistas da área, pode-se aplicar conceitos de lógica fuzzy no conjunto de produtividades resultantes, que foi aproximado por um número difuso, de função de pertinência triangular que representou o desempenho do assentamento segundo a ótica pecuária ou agricultura.

De acordo com o órgão Produção Agrícola Municipal (PAM), do IBGE (2015) e CONAB (2007), a média de produtividade do estado de MS no setor agrícola relacionado à produtividade de feijão, milho e mandioca, calculado em  $kg\ ha^{-1}$  está no quadro 1.

**Quadro 1. Níveis de produtividade da agricultura em ( $t\ ha^{-1}$ ) e na pecuária ( $ua\ há^{-1}$ ), com níveis: abaixo do Ideal, Ideal e Acima do Ideal em Mato Grosso do Sul, em 2015**

| Cultivar |                             | Níveis de Produtividade |         |                |
|----------|-----------------------------|-------------------------|---------|----------------|
|          |                             | Abaixo do Ideal         | Ideal   | Acima do Ideal |
| Agrícola | Milho ( $t\ ha^{-1}$ )      | < 6                     | 6 a 8   | > 8            |
|          | Feijão ( $t\ ha^{-1}$ )     | < 1,5                   | 1,5 a 2 | > 2            |
|          | Mandioca ( $t\ ha^{-1}$ ) * | <15                     | 15 a 20 | >20            |
| Pecuária | Aves ( $ua\ ha^{-1}$ ) *    | <20                     | 20 a 50 | >50            |
|          | Bovino ( $ua\ ha^{-1}$ )    | <1                      | 1 a 2   | >2             |
|          | Suíno ( $ua\ ha^{-1}$ )     | <7                      | 7 a 10  | >10            |

Fonte: Conab (2007).

Como resultado das inferências foi necessário determinar uma variável *fuzzy*, que foi “estado (saída) e escolher os valores *fuzzy* de ação (fuzzificação), que foram três valores, “Abaixo do Ideal”, “Ideal” e “Acima do Ideal”, cujos valores estão no quadro 2.

**Quadro 2. Pertinências de saídas da inferência sobre a produtividade agrícola e pecuária dos assentamentos de MS, em 2015**

| Estado    | Níveis de Produtividade |
|-----------|-------------------------|
| Abaixo do | < - 5                   |
| Ideal     | - 5 a + 5               |
| Acima do  | > 5                     |

Fonte: Elaborado pelos autores

As inferências utilizadas foram adaptadas de Ramos *et al.* (2015), correspondentes aos cultivares considerados no estudo: feijão, milho e mandioca e, como saída está contemplada a produtividade (Quadro 3).

**Quadro 3. Inferências de entradas correspondentes à agricultura e à pecuária e, como saída, o nível de produtividade**

| N  | SE Produtividade do feijão ou bovina é: | e SE Produtividade do milho ou suína é: | e SE Produtividade da mandioca ou aves é: | ENTÃO Produtividade do assentamento é: |
|----|---|---|---|--|
| 1  | Baixa                                   | Baixa                                   | Baixa                                     | Baixa                                  |
| 2  | Baixa                                   | Baixa                                   | Média                                     | Baixa                                  |
| 3  | Baixa                                   | Média                                   | Baixa                                     | Baixa                                  |
| 4  | Média                                   | Baixa                                   | Baixa                                     | Baixa                                  |
| 5  | Baixa                                   | Média                                   | Média                                     | Média                                  |
| 6  | Média                                   | Baixa                                   | Média                                     | Média                                  |
| 7  | Média                                   | Média                                   | Baixa                                     | Média                                  |
| 8  | Média                                   | Média                                   | Média                                     | Média                                  |
| 9  | Alta                                    | Baixa                                   | Baixa                                     | Média                                  |
| 10 | Baixa                                   | Alta                                    | Baixa                                     | Média                                  |
| 11 | Baixa                                   | Baixa                                   | Alta                                      | Média                                  |
| 12 | Baixa                                   | Alta                                    | Alta                                      | Média                                  |
| 13 | Alta                                    | Baixa                                   | Alta                                      | Média                                  |

|    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 14 | Alta  | Alta  | Baixa | Média |
| 15 | Alta  | Alta  | Média | Alta  |
| 16 | Alta  | Média | Alta  | Alta  |
| 17 | Média | Alta  | Alta  | Alta  |
| 18 | Alta  | Média | Média | Média |
| 19 | Média | Média | Alta  | Média |
| 20 | Alta  | Alta  | Alta  | Alta  |

Fonte: Adaptado de Ramos *et al.* (2015).

A inferência é uma etapa que serve de suporte para a tomada de decisão, pois, nela são determinados os graus de pertinência de cada elemento ao conjunto para posterior utilização das regras do tipo “Se – Então”. Ao contrário da “fuzzificação”, que transforma um dado quantitativo em um termo nebuloso, a “defuzzificação” transforma o dado nebuloso em dado quantitativo.

#### 4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Observou-se, que os dados de alguns assentamentos apresentavam incoerências, ou não produziram algum dos produtos em análises foram eliminados do processo. O quadro 4 apresenta as áreas de produção e as quantidades médias produzidas dos cereais feijão, milho e mandioca nos assentamentos de MS, em 2015.

**Quadro 4. Áreas de produção e as quantidades médias produzidas dos cereais feijão, milho e mandioca, selecionados para a pesquisa, nos assentamentos de MS, em 2015**

| Assentamento         | Feijão     |              | Milho      |              | Mandioca   |              |
|----------------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
|                      | Área Média | Volume Médio | Área Média | Volume Médio | Área Média | Volume Médio |
| Alambari             | 0,18       | 247,50       | 0,35       | 230,00       | 0,30       | 1278,00      |
| Altemir Tortelli     | -          | -            | 1,13       | 325,00       | 0,38       | 1200,00      |
| Corguinho            | 0,60       | 630,00       | -          | -            | 0,28       | 305,00       |
| Liberdade Camponesa  | 0,65       | 810,00       | -          | -            | 0,73       | 2.337,50     |
| Torre de Pedra       | -          | -            | -          | -            | -          | -            |
| Rancho Alegre        | 0,10       | -            | -          | 0,03         | 0,10       | 625,00       |
| Santa Mônica         | 0,25       | 420,00       | 0,88       | 10.075,00    | 0,50       | 325,00       |
| Estrela Campo Grande | 0,13       | 270,00       | 0,94       | 1.087,50     | 0,75       | 7.125,00     |
| Estrela Jaraguari    | 0,05       | -            | -          | -            | 0,05       | -            |
| Indaiá               | -          | -            | 0,08       | -            | 0,20       | 137,50       |
| Santo Antônio        | -          | -            | 0,13       | -            | 0,13       | 2.500,00     |

|                   |      |         |      |           |      |          |
|-------------------|------|---------|------|-----------|------|----------|
| Piuva             | 0,68 | 900,00  | -    | -         | -    | 0,75     |
| Sete de Setembro  | 0,50 | -       | 0,05 | -         | 0,20 | -        |
| Barra Nova        | -    | -       | -    | -         | 1,63 | 437,50   |
| Lagoa Azul        | -    | -       | 2,63 | 16.560,00 | 1,53 | 153,25   |
| Nazareth          | 0,30 | 720,00  | 0,25 | 20,00     | 0,18 | 125,50   |
| Ranildo da Silva  | 0,25 | 330,00  | 0,50 | 4,50      | 2,25 | 326,25   |
| Eldorado (441)    | 0,13 | 315,00  | 0,40 | 3,00      | 0,35 | 375,00   |
| Tejim             | -    | -       | -    | -         | -    | -        |
| Eldorado II       | 0,13 | -       | 0,13 | 3.745,00  | 1,75 | 375,00   |
| Angélica          | -    | -       | -    | -         | 0,25 | 1.250,00 |
| Volta Redonda Cut | -    | -       | -    | -         | -    | -        |
| Volta Redonda Fat | 0,08 | -       | -    | -         | 0,08 | -        |
| Santa Luzia       | 0,13 | -       | 0,43 | 2,50      | 0,05 | -        |
| São João          | 0,13 | -       | -    | -         | -    | -        |
| Sucesso           | 0,63 | 1080,00 | 0,80 | 250,00    | 0,88 | 532,50   |

Fonte: Elaborado pelos autores

O quadro 5 apresenta as áreas de produção e as quantidades médias produzidas e áreas de produções de bovinos, suínos e aves, no ano de 2015.

**Quadro 5. Quantidades médias das áreas de produções, de bovinos, suínos e aves selecionados para a pesquisa nos assentamentos de MS, em 2015**

| Assentamento         | Bovinos    |              | Suínos     |              | Aves       |              |
|----------------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
|                      | Área Média | Quant. Média | Área Média | Quant. Média | Área Média | Quant. Média |
| Alambari             | 5,50       | 16,50        | 0,95       | 13,75        | 0,85       | 68,75        |
| Altemir Tortelli     | 3,55       | 36,00        | 1,38       | 10,25        | 1,98       | 192,00       |
| Corguinho            | 5,75       | 1,00         | 0,50       | 0,50         | 6,88       | 19,25        |
| Liberdade Camponesa  | 3,50       | 0,00         | 0,25       | 0,50         | 3,10       | 10,75        |
| Torre de Pedra       | 6,25       | 14,25        | 0,75       | 5,25         | 3,25       | 13,25        |
| Rancho Alegre        | 7,50       | 7,50         | 0,13       | 0,75         | 3,13       | 20,00        |
| Santa Mônica         | 3,00       | 5,50         | 0,00       | 0,00         | 1,75       | 7,50         |
| Estrela Campo Grande | 0,25       | 0,50         | 2,49       | 5,00         | 2,05       | 28,00        |
| Estrela Jaraguari    | 4,25       | 6,50         | 0,03       | 3,00         | 2,78       | 75,00        |
| Indaiá               | 1,60       | 2,50         | 0,00       | 1,25         | 1,84       | 15,00        |
| Santo Antônio        | 5,50       | 7,75         | 0,00       | 0,00         | 0,18       | 8,50         |
| Piuva                | 6,00       | 11,00        | 0,38       | 1,25         | 0,55       | 33,75        |
| Sete de Setembro     | 8,78       | 10,00        | 0,13       | 1,00         | 3,13       | 9,00         |
| Barra Nova           | 7,25       | 14,75        | 0,35       | 4,75         | 0,91       | 52,50        |
| Lagoa Azul           | 3,20       | 18,25        | 0,10       | 1,75         | 0,50       | 42,50        |
| Nazareth             | 2,00       | 0,00         | 0,75       | 3,50         | 6,14       | 29,25        |
| Ranildo da Silva     | 7,43       | 11,25        | 0,25       | 2,00         | 0,75       | 36,25        |

|                   |       |       |      |      |      |       |
|-------------------|-------|-------|------|------|------|-------|
| Eldorado (441)    | 4,75  | 6,50  | 0,38 | 1,50 | 2,63 | 57,50 |
| Tejim             | 15,58 | 30,50 | 0,24 | 0,25 | 1,75 | 21,25 |
| Eldorado II       | 5,25  | 8,75  | 0,30 | 1,50 | 0,70 | 23,00 |
| Angélica          | 8,50  | 22,25 | 0,55 | 2,00 | 1,38 | 20,50 |
| Volta Redonda Cut | 2,75  | 4,50  | 0,50 | 1,00 | 3,45 | 58,25 |
| Volta Redonda Fat | 5,38  | 17,75 | 0,50 | 5,25 | 1,90 | 18,75 |
| Santa Luzia       | 5,25  | 6,75  | 0,25 | 3,00 | 3,43 | 35,75 |
| São João          | 5,00  | 11,50 | 0,23 | 0,25 | 1,13 | 34,00 |
| Sucesso           | 2,93  | 6,75  | 0,03 | 3,00 | 0,55 | 42,25 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Considerando a área média de produção e a produção média de feijão nos dez assentamentos que tinham produção desse cereal, calculou-se a produtividade, em  $t\ ha^{-1}$ , cujos valores estão na tabela 1.

**Tabela 1. Áreas de produção, volume produzido, produtividades e produtividade média de feijão nos assentamentos selecionados de MS, em 2015**

| Assentamento                     | Área (ha) | Produção (kg) | Produtividade (kg $ha^{-1}$ ) | Produtividade (t $ha^{-1}$ ) |
|----------------------------------|-----------|---------------|-------------------------------|------------------------------|
| Alambari                         | 0,18      | 247,50        | 1375,00                       | 1,375                        |
| Corguinho                        | 0,60      | 630,00        | 1050,00                       | 1,050                        |
| Liberdade                        | 0,65      | 810,00        | 1246,15                       | 1,246                        |
| Santa Mônica                     | 0,25      | 420,00        | 1680,00                       | 1,680                        |
| Estrela Campo                    | 0,13      | 270,00        | 2076,92                       | 2,077                        |
| Piuva                            | 0,68      | 900,00        | 1323,53                       | 1,324                        |
| Nazareth                         | 0,30      | 720,00        | 2400,00                       | 2,400                        |
| Ranildo da Silva                 | 0,25      | 330,00        | 1320,00                       | 1,320                        |
| Eldorado (441)                   | 0,13      | 315,00        | 2423,08                       | 2,423                        |
| Sucesso                          | 0,63      | 1080,00       | 1714,29                       | 1,714                        |
| <b>Produtividade Geral Média</b> |           |               |                               | <b>1,661</b>                 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Na tabela 2 estão elencadas as áreas de produção em hectares, a produção em quilogramas e as produtividades, em  $t\ ha^{-1}$ , da produção de milho nos 11 assentamentos de MS que produziram esse cereal em 2015.

**Tabela 2. Áreas de produção, volume produzido, produtividades e produtividade média de milho nos assentamentos selecionados de MS, em 2015**

| Assentamento                     | Área (ha) | Produção (kg) | Produtividade Média (kg ha <sup>-1</sup> ) | Produtividade Média (t ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|-----------|---------------|--|---|
| Alambari                         | 0,35      | 2250          | 6428,57                                    | 6,429                                     |
| Altemir Tortelli                 | 1,13      | 8125          | 7190,27                                    | 7,190                                     |
| Santa Mônica                     | 0,88      | 6750          | 7670,45                                    | 7,670                                     |
| Estrela Campo                    | 0,94      | 6500          | 6914,89                                    | 6,915                                     |
| Lagoa Azul                       | 2,63      | 16000         | 6083,65                                    | 6,084                                     |
| Nazareth                         | 0,25      | 1250          | 5000,00                                    | 5,000                                     |
| Ranildo da Silva                 | 0,50      | 2000          | 4000,00                                    | 4,000                                     |
| Eldorado (441)                   | 0,40      | 2125          | 5312,50                                    | 5,313                                     |
| Eldorado II                      | 0,13      | 750           | 5769,23                                    | 5,769                                     |
| Santa Luzia                      | 0,43      | 1925          | 4476,74                                    | 4,477                                     |
| Sucesso                          | 0,80      | 3500          | 4375,00                                    | 4,375                                     |
| <b>Produtividade Geral Média</b> |           |               | <b>5,747</b>                               |   |

Fonte: Elaborado pelos autores

Na tabela 3 estão anotadas as áreas de produção em hectares, as produções em quilogramas e as produtividades em t ha<sup>-1</sup>, das produções dos 17 assentamentos de MS que cultivavam mandioca em 2015.

**Tabela 3. Áreas de produção, volume produzido, produtividades e produtividade geral média de mandioca nos assentamentos selecionados de MS, em 2015**

| Assentamento     | Área (ha) | Produção (kg) | Produtividade Média (kg ha <sup>-1</sup> ) | Produtividade Média (t ha <sup>-1</sup> ) |
|------------------|-----------|---------------|--|---|
| Alambari         | 0,3000    | 4300,00       | 14333,33                                   | 14,333                                    |
| Altemir Tortelli | 0,3750    | 3500,00       | 9333,33                                    | 9,333                                     |
| Corguinho        | 0,2750    | 4800,00       | 17454,55                                   | 17,455                                    |
| Liberdade        | 0,7250    | 6700,00       | 9241,38                                    | 9,241                                     |
| Rancho Alegre    | 0,1000    | 625,00        | 6250,00                                    | 6,250                                     |
| Santa Mônica     | 0,5000    | 8700,00       | 17400,00                                   | 17,400                                    |
| Estrela Campo    | 0,7500    | 7125,00       | 9500,00                                    | 9,500                                     |
| Indaiá           | 0,2000    | 3680,00       | 18400,00                                   | 18,400                                    |
| Santo Antônio    | 0,1250    | 2500,00       | 20000,00                                   | 20,000                                    |
| Barra Nova       | 1,6250    | 18700,00      | 11507,69                                   | 11,508                                    |
| Lagoa Azul       | 1,5250    | 16980,00      | 11134,43                                   | 11,134                                    |
| Nazareth         | 0,1750    | 3698,00       | 21131,43                                   | 21,131                                    |

|                                  |        |          |          |               |
|----------------------------------|--------|----------|----------|---------------|
| Ranildo da Silva                 | 2,2500 | 23450,00 | 10422,22 | 10,422        |
| Eldorado (441)                   | 0,3500 | 8760,00  | 25028,57 | 25,029        |
| Eldorado II                      | 1,7500 | 19890,00 | 11365,71 | 11,366        |
| Angélica                         | 0,2500 | 4030,00  | 16120,00 | 16,120        |
| Sucesso                          | 0,8750 | 9809,00  | 11210,29 | 11,210        |
| <b>Produtividade Geral Média</b> |        |          |          | <b>14,108</b> |

Fonte: Elaborado pelos autores

Na tabela 4 estão anotadas as áreas de produção em hectares, os números de cabeças de bovinos (em ua) e as produtividades, em ua ha<sup>-1</sup>, das produções dos 24 assentamentos de MS que tinham criações de bovinos em 2015.

**Tabela 4. Áreas médias de produção, quantidade média de cabeças de bovinos (UA), produtividades e produtividade geral média de bovinos nos assentamentos selecionados de MS, em 2015**

| Assentamento                     | Área (ha) | Quantidade Média (ua) | Produtividade Média (ua ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|-----------|-----------------------|--|
| Alambari                         | 5,5       | 16,5                  | 1,52                                       |
| Altemir Tortelli                 | 3,55      | 36,00                 | 5,14                                       |
| Corquinho                        | 5,75      | 1,00                  | 0,09                                       |
| Torre de Pedra                   | 6,25      | 14,25                 | 1,16                                       |
| Rancho Alegre                    | 7,5       | 7,5                   | 0,51                                       |
| Santa Mônica                     | 3,00      | 5,5                   | 0,93                                       |
| Estrela Campo                    | 0,25      | 0,5                   | 1,01                                       |
| Estrela Jaraguari                | 4,25      | 6,5                   | 0,78                                       |
| Indaiá                           | 1,6       | 2,5                   | 0,79                                       |
| Santo Antônio                    | 5,5       | 7,75                  | 0,71                                       |
| Piuva                            | 6,00      | 11,00                 | 0,93                                       |
| Sete de Setembro                 | 8,78      | 10,00                 | 0,58                                       |
| Barra Nova                       | 7,25      | 14,75                 | 1,03                                       |
| Lagoa Azul                       | 3,2       | 18,25                 | 2,89                                       |
| Ranildo da Silva                 | 7,43      | 11,25                 | 0,77                                       |
| Eldorado (441)                   | 4,75      | 6,5                   | 0,69                                       |
| Tejim                            | 15,58     | 30,5                  | 0,99                                       |
| Eldorado II                      | 5,25      | 8,75                  | 0,84                                       |
| Angélica                         | 8,5       | 22,25                 | 1,33                                       |
| Volta Redonda Cut                | 2,75      | 4,5                   | 0,83                                       |
| Volta Redonda Fat                | 5,38      | 17,75                 | 1,67                                       |
| Santa Luzia                      | 5,25      | 6,75                  | 0,65                                       |
| São João                         | 5,00      | 11,5                  | 1,17                                       |
| Sucesso                          | 2,93      | 6,75                  | 1,17                                       |
| <b>Produtividade Geral Média</b> |           |                       | <b>1,17</b>                                |

Fonte: Elaborado pelos autores

Na tabela 5 estão as áreas de produção em hectares, os números de cabeças de suínos (em ua) e as produtividades (em ua ha<sup>-1</sup>), das produções dos 23 assentamentos de MS que tinham criações de suínos em 2015.

**Tabela 5. Áreas de produção, número de cabeças de suínos (UA), produtividades e produtividade média de suínos nos assentamentos selecionados de MS, em 2015**

| Assentamento                     | Área (ha) | Quantidade (ua) | Produtividade Média (ua ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|-----------|-----------------|--|
| Alambari                         | 0,95      | 13,75           | 14,47                                      |
| Altemir Tortelli                 | 1,38      | 10,25           | 7,43                                       |
| Corguinho                        | 0,50      | 0,50            | 1,00                                       |
| Liberdade Camponesa              | 0,25      | 0,50            | 2,00                                       |
| Torre de Pedra                   | 0,75      | 5,25            | 7,00                                       |
| Rancho Alegre                    | 0,13      | 0,75            | 6,00                                       |
| Estrela Campo Grande             | 2,49      | 5,00            | 2,01                                       |
| Estrela Jaraguari                | 0,25      | 3,00            | 20,00                                      |
| Piuva                            | 0,38      | 1,25            | 3,33                                       |
| Sete de Setembro                 | 0,13      | 1,00            | 8,00                                       |
| Barra Nova                       | 0,35      | 4,75            | 13,77                                      |
| Lagoa Azul                       | 0,10      | 1,75            | 17,50                                      |
| Nazareth                         | 0,75      | 3,50            | 4,67                                       |
| Ranildo da Silva                 | 0,25      | 2,00            | 8,00                                       |
| Eldorado (441)                   | 0,38      | 1,50            | 4,00                                       |
| Tejim                            | 0,24      | 0,25            | 1,04                                       |
| Eldorado II                      | 0,30      | 1,50            | 5,00                                       |
| Angélica                         | 0,55      | 2,00            | 3,64                                       |
| Volta Redonda Cut                | 0,50      | 1,00            | 2,00                                       |
| Volta Redonda Fat                | 0,50      | 5,25            | 10,50                                      |
| Santa Luzia                      | 0,25      | 3,00            | 12,00                                      |
| São João                         | 0,23      | 0,25            | 1,11                                       |
| Sucesso                          | 0,25      | 3,00            | 20,00                                      |
| <b>Produtividade Geral Média</b> |           |                 | <b>7,59</b>                                |

Fonte: Elaborado pelos autores

Na tabela 6 estão anotadas as áreas de produção em hectares, os números de cabeças de aves (em ua) e as produtividades (em ua ha<sup>-1</sup>), das produções dos 30 assentamentos de MS que tinham criações de aves em 2015.

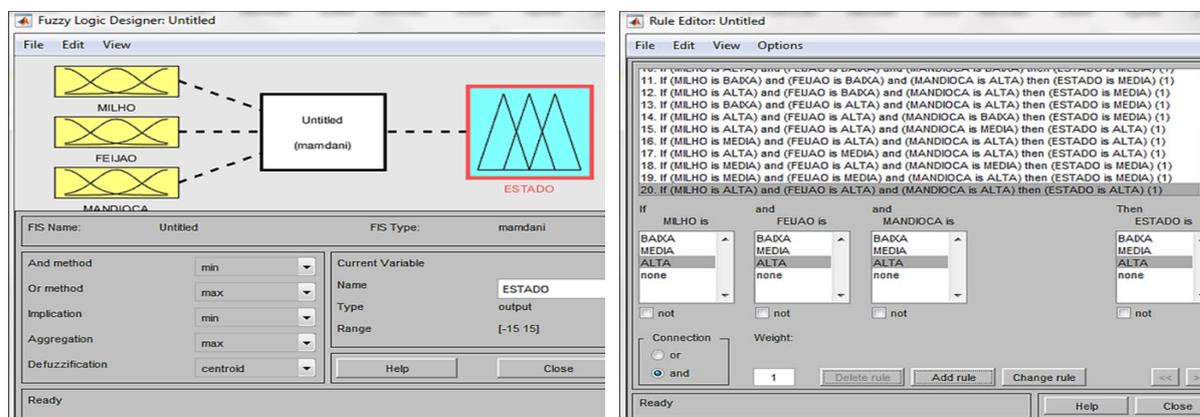
**Tabela 6. Áreas de produção, número de cabeças de aves (galinha e frangos), produtividades e produtividade média de aves nos assentamentos selecionados de MS, em 2015**

| Assentamento                     | Área (ha) | Quantidade (ua) | Produtividade Média (ua ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|-----------|-----------------|--|
| Alambari                         | 0,85      | 68,75           | 80,88                                      |
| Altemir Tortelli                 | 1,98      | 192,00          | 96,97                                      |
| Corguinho                        | 6,88      | 19,25           | 2,80                                       |
| Liberdade Camponesa              | 3,10      | 10,75           | 3,47                                       |
| Torre de Pedra                   | 3,25      | 13,25           | 4,08                                       |
| Rancho Alegre                    | 3,13      | 20,00           | 6,39                                       |
| Santa Mônica                     | 1,75      | 7,50            | 4,29                                       |
| Estrela Campo Grande             | 2,05      | 28,00           | 13,66                                      |
| Estrela Jaraguari                | 2,78      | 75,00           | 26,98                                      |
| Indaiá                           | 1,84      | 15,00           | 8,15                                       |
| Santo Antônio                    | 0,18      | 8,50            | 47,22                                      |
| Piuva                            | 0,55      | 33,75           | 61,36                                      |
| Sete de Setembro                 | 3,13      | 9,00            | 2,88                                       |
| Barra Nova                       | 0,91      | 52,50           | 57,69                                      |
| Lagoa Azul                       | 0,50      | 42,50           | 85,00                                      |
| Nazareth                         | 6,14      | 29,25           | 4,76                                       |
| Ranildo da Silva                 | 0,75      | 36,25           | 48,33                                      |
| Eldorado (441)                   | 2,63      | 57,50           | 21,86                                      |
| Tejim                            | 1,75      | 21,25           | 12,14                                      |
| Eldorado II                      | 0,70      | 23,00           | 32,86                                      |
| Angélica                         | 1,38      | 20,50           | 14,86                                      |
| Volta Redonda Cut                | 3,45      | 58,25           | 16,88                                      |
| Volta Redonda Fat                | 1,90      | 18,75           | 9,87                                       |
| Santa Luzia                      | 3,43      | 35,75           | 10,42                                      |
| São João                         | 1,13      | 34,00           | 30,09                                      |
| Sucesso                          | 0,55      | 42,25           | 76,82                                      |
| <b>Produtividade Geral Média</b> |           |                 | <b>30,03</b>                               |

Fonte: Elaborado pelos autores

De posse dos dados sobre as produtividades dos assentamentos relativas às produções agrícola e pecuária, dos níveis de produtividades ideais fornecidas por especialistas e, utilizando-se a ferramenta *fuzzy* do *software Matlab*, pode-se determinar qual o assentamento é produtivo, ou ainda, se o conjunto dos assentamentos de MS é produtivo. O acesso à ferramenta *fuzzy* é realizada digitando, após o prompt `>>` o comando (`>>fuzzy`) na janela de comandos do *MatLab* (MATLAB, 2019; AMENDOLA *et al.*, 2005). Uma janela denominada *Fuzzy Logic Designer Unilled* será aberta, conforme a figura 4.

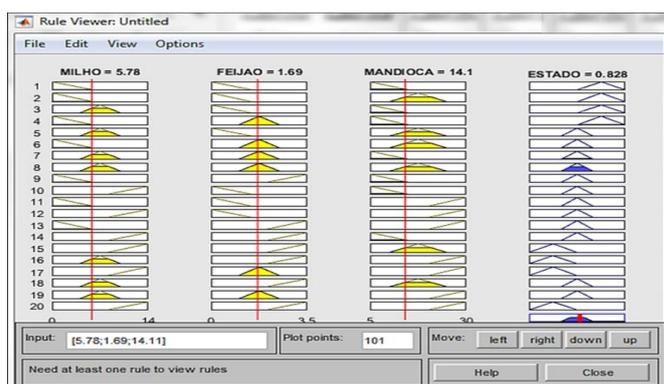
**Figura 4. Criação das variáveis de entradas e saída e as inferências da produtividade agrícola nos assentamentos de MS em 2015, da ferramenta fuzzy do software Matlab.**



Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme a figura 4 as variáveis de entrada e saída foram criadas com três níveis de produtividade (Baixa, Média e Alta), para que seja testada na estrutura condicional proposta pela lógica fuzzy. Observe, ainda, na figura 4 que as funções de pertinências das variáveis de entrada milho, feijão e mandioca são todas triangulares, bem como, a de saída (Estado), também é triangular. A figura 5 apresenta um cenário resultante da seleção de valores das variáveis de entrada e o associado valor da variável de saída.

**Figura 5. Um cenário resultante da seleção de valores das variáveis de entrada e o associado valor da variável de saída da produtividade agrícola dos Assentamentos de MS, em 2015**

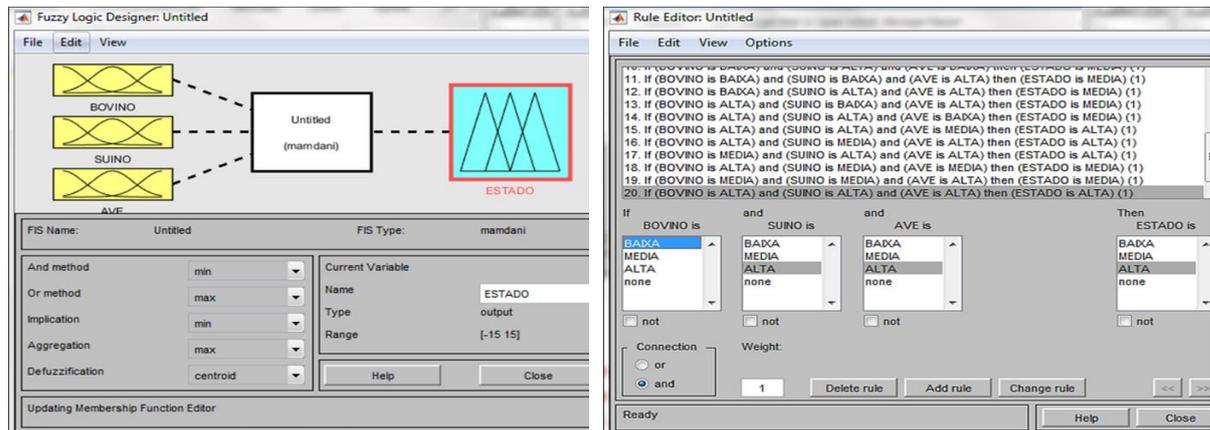


Fonte: Elaborado pelos autores

Foram atribuídos os valores das variáveis de entrada 1, 2 e 3, para as produções agrícolas (em t ha<sup>-1</sup>) de milho 5,78, feijão 1,69 e mandioca 14,11. Como saída, o sistema *fuzzy* gerou o valor 0,828, cuja interpretação é a que permite o suporte à decisão (Quadro 3), de que é média a produtividade agrícola relativa aos Assentamentos de MS. A figura 6 apresenta a criação das

variáveis de entradas e saída da produtividade da pecuária na ferramenta *fuzzy* do *software* *Matlab*.

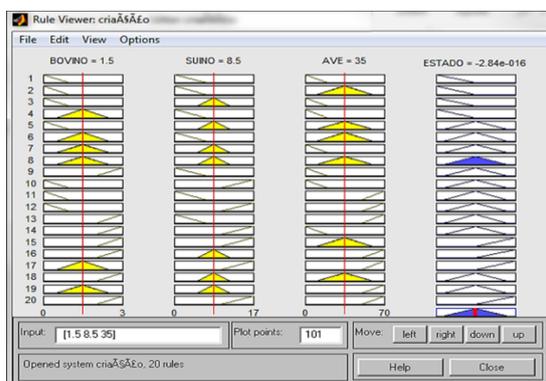
**Figura 6.** Criação das variáveis de entradas e saída e as inferências da produtividade pecuária nos assentamentos de MS em 2015, da ferramenta *fuzzy* do *software* *Matlab*.



Fonte: Elaborado pelos autores

Observa-se, na figura 6 que as funções de pertinências das variáveis de entrada (*input*) (bovino, suíno e aves), são todas triangulares, bem como, a de saída (*output*) (Estado), também é triangular. O próximo passo é entrar com os valores das variáveis de entrada no software para obter a saída desejada. Na figura 7 foram atribuídos os valores das três variáveis de entrada para as produções da pecuária (em ua ha<sup>-1</sup>): bovina 1,5, suína 8,5 e aves 35. Como saída, o sistema *fuzzy* gerou o valor 0, cuja interpretação é a que permite o suporte à decisão, pelo quadro 3, de que é média a produtividade da pecuária relativa aos Assentamentos de MS.

**Figura 7.** Um cenário resultante da seleção de valores das variáveis de entrada e o associado valor da variável de saída da produtividade da pecuária nos assentamentos de MS, em 2015.



Fonte: Elaborado pelos autores

Como as produtividades tanto agrícola quanto na pecuária foram médias, conclui-se que o conjunto de Assentamentos de MS tem produtividade geral média.

## 5 CONCLUSÕES

Verificou-se que alguns assentamentos têm altas produtividades na agricultura e na pecuária, como também, alguns assentamentos estão abaixo da produtividade mínima esperada. É possível fornecer aos Órgãos responsáveis pelos assentamentos em MS as informações necessárias para tornar produtivos aqueles assentamentos de baixas produtividades.

O resultado da simulação proposta neste trabalho pode ser considerado satisfatória, visto que a saída obtida com a aplicação da lógica fuzzy, para as estimativas de produtividades dos assentamentos rurais de MS, ficou constatado que esses assentamentos estão produzindo de forma mediana tanto no setor agrícola quanto na pecuária. A capacidade da lógica fuzzy em descrever ou classificar detalhes de forma gradual, permite uma aproximação muito maior da realidade que é marcada por ser um sistema complexo de muitas variáveis e valores ambíguos e inexatos.

## REFERÊNCIAS

AMENDOLA, M.; SOUZA, A. L. de; BARROS, L. C. **Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5**. FEAGRI & IMECC – Campinas: UNICAMP. 2005. Disponível:

<[http://www.logicafuzzy.com.br/wp-content/uploads/2012/12/manual\\_fuzzy\\_matlab.pdf](http://www.logicafuzzy.com.br/wp-content/uploads/2012/12/manual_fuzzy_matlab.pdf)>.

Acesso em: 23 ago. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2007**. Brasília, 2007. [online]. Disponível em:

<<https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/arquivos>>. Acesso em: 10 set. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – PAM**. Rio de Janeiro, 2015. [online]. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

KOHAGURA, T. **Lógica fuzzy e suas aplicações**. Departamento de Computação. Universidade Estadual de Londrina-Londrina, 2007.

OLIVEIRA, R. D.; SOUZA, C. C.; MERCANTE, M. A. Análise e diagnóstico da sustentabilidade do assentamento rural Eldorado II, no município de Sidrolândia (MS). **Informe GEPEC**, Toledo, v. 21, n. 1, p. 149-168, 2017.

RAMOS, F. S.; SOUZA, C. C.; REIS NETO, J. F.; FRAINER, D. M. Practical tool in classification of animals for slaughter by *Fuzzy* logic. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 10, n. 7, p. 604-612, 2015.

RODRIGUES, W. O. P.; WOLF, R.; VIEIRA, D. A. H.; SOUZA, C. C. de; REIS NETO, J. F. dos. Utilização de Lógica *Fuzzy* para Classificação de Cordeiros Sem Raça Definida para o Abate. In: Congresso Internacional de Administração – ADM 2010. 7., 2017, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa-PR: ADM 2010, 2010.

SHAW, I. S.; SIMÕES, M. G. **Controle e Modelagem *Fuzzy***. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy sets theory and its applications**. Boston: Kluwer, 1991.