

# Bovinocultura de corte: uma avaliação dos recursos exigidos pelos diferentes sistemas de produção através de modelagem matemática fuzzy

Adriano G. Garcia<sup>1</sup>, Magda S. Peixoto<sup>2</sup>  
Universidade Federal de São Carlos(campus Sorocaba),  
18.052-780, Sorocaba/SP.

**Resumo.** A bovinocultura de corte no Brasil apresenta-se como predominantemente extensiva, ocupando grandes áreas naturais transformadas em pastagens. Seus impactos negativos já são sentidos como a perda de área de biomas brasileiros, prejudicando espécies da fauna e da flora que sofrem com a perda de habitats. Uma alternativa para a diminuição da área ocupada é a intensificação dessa produção pecuária, buscando maior produtividade; porém, ela requer um aumento no consumo de água e de suplementação para os animais; suplementos, que hoje, são baseados em farelo de soja e milho, principalmente. O desvio de altas quantidades de água para atividades econômicas pode causar sua falta no futuro, a produção de soja já vem causando altas taxas de desmatamento no cerrado e uma crescente intensificação da pecuária poderia significar um aumento da produção desse cultivo, exigindo uma maior área de plantação. Neste trabalho elaboraram-se três modelos matemáticos, através de um sistema baseado em regras fuzzy, relacionando a área demandada por animal, a água utilizada diretamente por animal (dessedentação, limpeza do ambiente) e a quantidade de soja ingerida por animal, nos diferentes sistemas de criação de gado de corte, de forma que possa se fazer uma análise da pressão ambiental de cada sistema de produção a partir dessa variáveis .

**Palavras-chave:** *bovinocultura; áreas naturais; água; suplemento; regras fuzzy; conjuntos fuzzy.*

---

<sup>1</sup>adrianogomesgarcia@gmail.com

<sup>2</sup>magda@ufscar.br

## 1. Introdução

A bovinocultura é desenvolvida em vários estados do país, englobando cerca de 225 milhões de hectares e um rebanho de aproximadamente 195,5 milhões de cabeças (Cezar et al., 2005), sendo a de corte, um dos pilares da economia brasileira, representando 8,7% do PIB em 2004 (Mendes et al., 2006). Sua expansão, porém, é muito questionada, dado o alto grau de desmatamento associado a ela. Na Amazônia Legal, a pecuária bovina ocupava por volta de 3% da área total em 1970; representou mais de 10% em 2003, e mais de 70% das áreas desmatadas em 1995, devido ao crescimento das áreas de pastagem (Margulis, 1987). No Pantanal, calculou-se que 8,8% da área total, em 2000, era de área desmatada para a ocupação de pastagens cultivadas (Padovani et al., 2004). Em 2005, as pastagens plantadas ocupavam 500000  $km^2$  do Cerrado, uma área equivalente ao tamanho da Espanha (Klink e Machado, 2005). A degradação desses ambientes naturais para a ocupação por pastagens representa uma grande ameaça à biodiversidade, devido à perda de habitats. Os sistemas de produção pecuária, baseando-se no regime de alimentação, podem ser classificados em 3 tipos:

- Extensivo: Grupo que representa 80% dos sistemas produtivos de carne bovina brasileira, utilizando-se apenas de pastagens nativas ou cultivadas como fonte energética e protéica (Cezar et al., 2005).
- Semi-Extensivo: A base alimentar também se constitui das pastagens nativas ou cultivadas, porém, há uso de suplementos minerais, protéicos e energéticos. Os animais são suplementados em diversas fases do crescimento, esperando-se alcançar uma pecuária de menor ciclo (Cezar et al., 2005).
- Intensivo: Além da alimentação baseada em pastagens e suplementação alimentar, também ocorre o confinamento, a partir do qual se procura usar alimentos volumosos para diminuição do custo (Cezar et al., 2005).

Em 2008, a Comissão de Assuntos Econômicos do Senado Brasileiro aprovou o facilitamento de crédito rural a pecuaristas que trocassem o sistema de criação de gado extensivo pelo intensivo, alegando a redução da pressão sobre áreas florestais e a maior produtividade proporcionada pelo último (Castanho, 2008). Alguns pesquisadores também afirmam que a pecuária intensiva

passa a ser mais rentável que a extensiva em larga escala (5 mil unidades animais)(Barreto e Silva, 2009). Guilherme Leite Dias, professor da FEA/USP afirma que o sistema intensivo é uma das alternativas para diminuição da destruição de áreas da Amazônia pelo gado, tendo uma maior produtividade (Costa, 2009).

Dessa forma a intensificação da pecuária bovina com confinamento mostra-se como uma alternativa para aumentar a produtividade utilizando-se de menor área, o que diminuiria, teoricamente, o desmatamento. Porém, deve se levar em consideração que uma pecuária intensiva aumenta a demanda de água e de suplementos alimentares, baseados em farelo de soja e milho (Cezar et al., 2005). A alimentação de animais como porcos e frangos, que é baseada em milho e soja, já se apresenta como um problema, pois aumenta os preços desses cultivos no mercado, além de se tornar uma fonte competitiva de área utilizada para alimentação com o homem (Alcade et al., 2009).

Além disso, a produção de soja possui grande impacto em áreas naturais como no bioma do Cerrado, sendo que, nos períodos de 2000/2001 ocupava 19,2% da área total, contribuindo fortemente para a mudança da cobertura do bioma (Anderson et al., 2003). Além da questão alimentar, a atividade da pecuária intensiva possui grande consumo de recursos hídricos para dessedentação de animais, higiene, limpeza de instalações e controle térmico do ambiente, gerando forte pressão na captação desse recurso (Frailha, 2006).

Em seu relatório "Eating our future: The environmental impact of industrial animal agriculture" para a World Society of protection of animals da ONU, em 2008, Michael Appleby destaca que a produção intensiva não pode ser considerada ecologicamente sustentável, pois continua poluindo o ar através de gases emitidos pelos animais e a água através de dejetos animais; além disso, também é citado o elevado consumo de água nesse tipo de produção em relação a produção extensiva (Pachauri, 2008). Nesse trabalho nosso interesse será relacionar a demanda desses recursos (área, água e soja) com cada um dos sistemas de produção citados através de sistemas baseados em regras *fuzzy*.

## 2. Objetivos

O objetivo desse trabalho é estabelecer uma relação entre a quantidade de água consumida diretamente pelo animal, a quantidade de soja na alimentação e a área ocupada pelo gado de corte com os sistemas de alimentação

extensivo, semi-intensivo e intensivo, através de um sistema baseado em regras *fuzzy*, ou seja modelagem matemática utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*, para que posteriormente, os modelos elaborados permitam avaliar o sistema de produção que possui menor impacto ambiental em relação aos parâmetro analisados.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi feita em três etapas:

1. Contamos com o auxílio dos seguintes pesquisadores na área para se preencher a tabela 1: Dra. Valéria Pacheco (Embrapa Gado de Corte); Dr. Ivanor Nunes Prado (UEM); Dr. Antonio Branco (UEM); Dr. Sérgio Raposo de Medeiros (Embrapa Gado de Corte); Dr. Fernando Paim (Embrapa Gado de Corte).
2. Foram visitadas duas fazendas:
  - Fazenda São Francisco: A Fazenda San Francisco, proprietário Helio Coelho, situa-se no estado do Mato Grosso do Sul, município de Miranda, ao final da Serra da Bodoquena. A propriedade desenvolve a pecuária bovina intensiva, utilizando as raças Nelore, Montana e Senepol, formando um rebanho de 3500 a 5000 cabeças, com uma pastagem de 2500 hectares constituída por braquiarião, Tanzânia e *Brachiaria decumbes*.
  - Fazenda Floresta: situada no município de Lupércio, estado de São Paulo, proprietário Carlos Bottino, desenvolve a atividade de pecuária de corte extensiva, contando com um rebanho de 500 cabeças de gado nelore e 220 hectares de pastagem *Brachiaria*.
3. Também foi feita uma coleta de dados na empresa de engorda de bovinos, Invernada SSA, proprietário Éberson Barnabé, e na literatura disponível.

#### 3.2 Modelos fuzzy

Utilizando os dados obtidos, elaboraram-se 3 modelos baseados em sistemas *fuzzy*, um para cada sistema de produção, a partir da ferramenta Toolbox

*Fuzzy* do MatLab, tendo como variável de entrada a quantidade de animais: “Número de animais”; e variáveis de saída: “Água”, “Área” e “Soja” (este último apenas para os sistemas semi-intensivo e intensivo).

Basicamente, um sistema *fuzzy* possui quatro componentes: um processador de entrada, um conjunto de regras lingüística, um método de inferência fuzzy e um processador de saída (Peixoto et al., 2008).

A base de regras é composta por uma coleção de proposições condicionais *fuzzy* na forma de regras *se-então*. Especialistas do fenômeno analisado fornecem as informações para se formular o conjunto de regras *fuzzy* que ativa as *associações de entradas/saídas linguísticas* (Peixoto et al., 2007).

O método de inferência utilizado foi o de Mamdani, que agrega as regras através do operador lógico “OU”, modelado pelo operador máximo( $\vee$ ) e em cada regra, os operadores lógicos “E” e “ENTÃO” são modelados pelo operador mínimo( $\wedge$ ) (Peixoto et al., 2008). Para a defuzzificação, utilizou-se o método do Centro de Gravidade, onde foi atribuído um peso a cada valor de  $C(z_i)$ , indicando o grau de compatibilidade de  $z_i$  com o conjunto fuzzy C.

Para maior entendimento sobre os fundamentos da teoria de conjuntos e sistemas *fuzzy* sugerimos a leitura de Barros e Bassanezi (2006); Klir e Yuan (1995); Zadeh (1965).

## 4. Resultados

### 4.1 Descrição dos sistemas de produção

- Sistema Extensivo: Como observado na literatura consultada e pela visita à Fazenda São Pedro, os animais são soltos no pasto e não recebem nenhum tipo de suplementação protéica. O animal é abatido entre 3 e 4 anos.
- Sistema Semi-Intensivo: No sistema semi-intensivo, o animal sai da desmama com um peso médio de 195,8 kg e entra em um sistema de suplementação em pasto durante a seca, terminando o período com uma média de 273,3 kg. Passa o período das chuvas no pasto para posteriormente, na segunda seca, entrar no período de engorda, iniciando com um peso médio de 392 kg e saindo com um peso médio de 470,8 kg para ser abatido.

- Sistema Intensivo: No sistema intensivo, o animal sai da desmama com um peso médio de 195,8 kg e entra em um sistema de suplementação em pasto durante a seca, terminando o período com uma média de 273,3 kg. Passa o período das chuvas no pasto para posteriormente, na segunda seca, entrar no período de confinamento, iniciando com um peso médio de 352,6 kg e saindo com um peso médio de 467,6 kg para ser abatido.

## 4.2 Organização dos dados obtidos

Foram calculadas as médias e os desvios padrões de todos os dados obtidos chegando-se à tabela 1, que expressa as exigências de um animal durante toda sua vida, em relação às variáveis estudadas:

Tabela 1: Dados coletados e organizados para cada um dos sistemas de produção pecuária expressando a demanda de recursos de cada animal durante toda sua vida em cada sistema de produção.

	<i>Extensivo</i>	<i>Semi Intensivo</i>	<i>Intensivo</i>
Quantidade total de água (L/animal)	$38939,8 \pm 4895,8$	$21638,0 \pm 3622,4$	$20915,4 \pm 3260,9$
Quantidade total de soja (kg/animal)	0	$123,1 \pm 33,8$	$139,3 \pm 51,5$
Quantidade de área utilizada (ha/animal)	1 a 1,67	0,25 a 1	0,125 a 0,25

## 4.3 Formulação do modelo *Fuzzy*

A partir da tabela 1, elaboraram-se os modelos matemáticos, tendo como características:

- A criação das variáveis qualitativas baseou-se na informação dos especialistas, da literatura e das fazendas criadoras de gado.
- A incerteza nos conjuntos da saída “Área” levou em conta o intervalo inteiro de variação dos valores, pois os dados não apresentam distribuição normal.

- A incerteza nos conjuntos de saída “Água” e “Soja” abrangeu duas vezes o desvio padrão dos valores obtidos na tabela 1 ( intervalo que contém 95% dos dados), pois os dados possuem distribuição normal.
- A quantidade de conjuntos *fuzzy* escolhida foi devido a um fator principal: As diferenças entre os intervalos de incerteza de menores e maiores valores alcançados por cada sistema de produção são muito altas, por exemplo, uma quantidade de 100.000 animais no sistema extensivo ocupa uma área de 100.000 a 170.000 hectares enquanto que a mesma quantidade de animais no sistema intensivo ocupa entre 12.500 a 25.000 hectares.

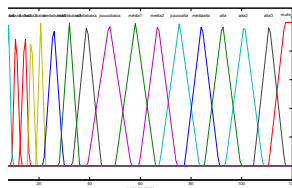


Figura 1: Conjuntos fuzzy da variável de entrada “Número de animais”

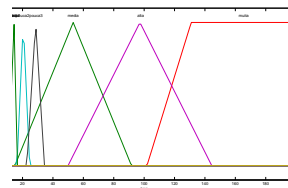


Figura 2: Conjuntos fuzzy da variável de saída “Área”

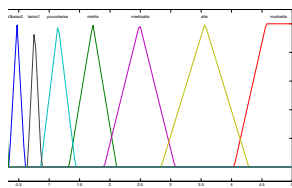


Figura 3: Conjuntos fuzzy da variável de saída “Água”

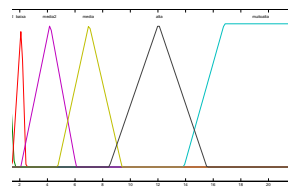


Figura 4: Conjuntos fuzzy da variável de saída “Soja”

Para cada um dos três modelos foram criadas regras diferentes, dezenove regras para cada um, baseando-se nas informações dos especialistas e dados adquiridos nas visitas técnicas e literatura disponível. As regras elaboradas são do tipo:

*Se* o Número de animais é Baixo *então* a Área é Pouca, *então* a Água é Baixa1;  
*Se* o Número de animais é Muito Alto *então* a Área é Muita, *então* a Água é Muita (Sistema Extensivo).

Se o Número de animais é Baixo *então* a Área é Pouca<sup>3</sup>, *então* a Água é Baixa<sup>2</sup>; *então* a Soja é Média<sup>2</sup>; Se o Número de animais é Muito Alto *então* a Área é Alta, *então* a Água é Média Alta; *então* a Soja é Muito Alta (sistema Semi-Extensivo).

Se o Número de animais é Baixo *então* a Área é Pouquíssima<sup>4</sup>, *então* a Água é Baixa<sup>2</sup>; *então* a Soja é Média<sup>2</sup>; Se o Número de animais é Muito Alto *então* a Área é Pouca<sup>2</sup>, *então* a Água é Média Alta; *então* a Soja é Muito Alta (Sistema Intensivo).

Cada uma das atribuições (ex: “Muito Alta”, “Média Alta”), foram modeladas matematicamente por um conjunto fuzzy através de uma função de pertinência triangular, definida a partir das informações e dados coletados (figuras 1, 2, 3 e 4).

A validação dos modelos com dados reais indicou que os valores fornecidos correspondem aos esperados dentro do valor da incerteza (tabela 2):

Tabela 2: Valores fornecidos de área, água e soja pelos modelos para um determinado número de animais em cada sistema de produção

Sistema	Número de animais (10 <sup>6</sup> )	Área (10 <sup>6</sup> ha)	Água (10 <sup>12</sup> L)	Soja (10 <sup>9</sup> kg)
Extensivo	10	13,8	0,469	-
	50	97,2	1,72	-
	100	157	3,56	-
Semi-Intensivo	10	4	0,174	1,97
	50	20	1,13	7,05
	100	57,5	2,51	18,6
Intensivo	10	2	0,174	1,97
	50	6,82	1,13	8,83
	100	20	2,51	18,6

## 5. Conclusões

Pelos dados e pelo modelo verificou-se que a intensificação da produção levou a uma diminuição da área utilizada (principalmente no sistema intensivo) e um aumento na quantidade de soja consumida. A quantidade de água, porém, diferentemente do esperado na literatura consultada, diminuiu com o aumento



da intensificação, devido ao ciclo de vida maior no sistema extensivo, e por analisarmos apenas a quantidade de água utilizada diretamente pelo animal.

O artigo sugere que a utilização da Teoria *Fuzzy* é uma ferramenta capaz de representar a demanda de cada um dos sistemas de produção de pecuária em relação aos recursos estudados, o que vem a possuir grande importância para entender a pressão que cada sistema possui no ambiente. Destaca-se a facilidade do método matemático e a participação de especialistas na área, tanto na formulação dos modelos como em sua análise.

O próximo passo agora será realizar simulações computacionais, variando o número de animais em cada sistema, e verificar, com a ajuda dos especialistas, se o aumento de soja verificado nos sistemas semi-intensivo e intensivo (em conjunto dos valores de área e água gastas com essa cultura) é menos impactante ambientalmente que o aumento de área e água utilizada diretamente por animal devido à pecuária extensiva.

## Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento, a todos os pesquisadores consultados e funcionários das fazendas visitadas, e à empresa pela atenção e colaboração.

## Referências

- Alcade, C. R., Zambom, M. A., Modesto, E. C., Gonçalves, G. D., Silva, D. C., Silva, K. T., e Faustino, J. O. (2009). Valor nutritivo de rações contendo casca do grão de soja em substituição ao milho moído para cabritos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:2198–2203.
- Anderson, L. O., Hojas, E. H. M., e Shimabukuro, Y. E. (2003). Avanço da soja sobre os ecossistemas cerrado e floresta no estado do mato grosso. *Anais do SBSR*, XI:19–25.
- Barreto, P. e Silva, D. (2009). Os desafios para uma pecuária mais sustentável na amazônia. *O Estado da Amazônia*, 14.
- Barros, L. C. e Bassanezi, R. C. (2006). *Tópicos de Lógica Fuzzy com aplicações em Biomatemática*, volume 5. IMECC, Campinas.

- Castanho, V. (2008). CAE aprova incentivo a pecuária intensiva e ao sistema orgânico de produção. *Agência Senado*. url: <http://www.senado.gov.br>. Acesso em: dd/mm/aaaa.
- Cezar, I. M., Queiroz, H. P., Thiago, L. R. L. S., Cassales, F. L. G., e Costa, F. P. (2005). *Uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate*, volume 151 de *Documentos Embrapa Gado de Corte*. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande.
- Costa, K. (2009). Economista defende pecuária intensiva e crédito a pequenos. *Projeto Repórter do Futuro*. url: <http://www.reporterbrasil.org.br>. Acesso em: dd/mm/aaaa.
- Fraiha, M. (2006). Consumo hídrico em produção animal intensiva. *Anais do SIMPEP*, 13.
- Klink, C. A. e Machado, R. B. (2005). A conservação do cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1.
- Klir, G. e Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and Fuzzy Logic-Theory and Application*. Prentice Hall.
- Margulis, S. (1987). *Causas do desmatamento da amazônia brasileira*, volume 1. Banco Mundial, Brasília.
- Mendes, A. C. A., Zocolotto, R., e Nossa, V. (2006). Um modelo de simulação como ferramenta de planejamento na bovinocultura de corte. *Anais do Congresso USP de controladoria e contabilidade*, 6.
- Pachauri, R. K. (2008). *Eating our future: The environmental impact of industrial animal agriculture*. World Society for the protection of the animals(WSPA), London.
- Padovani, C. R., Cruz, M. L. L., e Padovani, S. L. A. G. (2004). Desmatamento do pantanal para o ano 2000. *Anais do Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal*, 4.
- Peixoto, M. S., Barros, L. C., e Bassanezi, R. C. (2007). Uma abordagem fuzzy para um modelo presa-predador acoplado ao parasitismo. *Tendências em Matemática Aplicada e Computacional (TEMA)*, 8:119–128.

Peixoto, M. S., Barros, L. C., e Bassanezi, R. C. (2008). Predator-prey fuzzy model. *Ecological Modelling*, 214:39–44.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Informat. Control*, 8:338–353.

