

Avaliação Econômica de Sistemas Extensivos de Cria no Pantanal utilizando a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* – Processo de Validação¹

Helano Póvoas de Lima², Urbano Gomes Pinto de Abreu³, Sandra Aparecida Santos⁴, Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruhá⁵

Resumo: A sustentabilidade dos biomas é alicerçada no tripé ambiental, social e econômico. Para a manutenção do equilíbrio destes três aspectos no Pantanal é importante estabelecer política diferenciada, que auxilie aos produtores a manterem o Pantanal produtivo e conservado. A definição de indicadores de sustentabilidade de sistema de produção pecuário exige a utilização de metodologia de síntese, que permita avaliar as variáveis econômicas e sociais e suas interações. Foi utilizada metodologia dos conjuntos *Fuzzy* (CF) para construir indicadores econômicos e validá-los para comporem o Índice da Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS). As variáveis utilizadas no desenvolvimento do modelo foram, em base anual, as relações de custo/receita bruta (C_C), lucro/receita bruta (L_C) e o valor anual médio do bezerro (Pr), sendo então definidas 52 regras para a realização das inferências. Foram estimados três séries de resultados arranjados de maneira fatorial e os resultados discutidos com produtores para os ajustes, que foram realizados. Para comparação dos dois índices econômicos (antes e depois dos ajustes) os resultados foram submetidos as análises de correlações de Pearson e Spearman com valores estimados de 0,77 e 0,96, respectivamente, sendo as duas estimativas significativas ($p < 0.01$). Os resultados indicam que os ajustes necessários para validação das regras estavam relativamente próximos ao observado pelos produtores. A metodologia de simulação de cenários e posterior discussão com produtores tornou possível validar as regras e os processos de *fuzzificação* e de *defuzzificação* utilizados no desenvolvimento dos aspectos econômicos do FPS.

Palavras-chave: Sistema de produção, base de regra, *fuzzificação*, *defuzzificação*

Economic Evaluation of Extensive Livestock Production Systems in the Pantanal using Fuzzy Set Theory - Validation Process¹

Abstract: The sustainability of biomes is based on the environmental, social and economic tripod. To maintain the balance of these three aspects in the Pantanal is important to establish differentiated policy, which would help farmers to maintain the Pantanal productive and saved. The definition of sustainability indicators of livestock production system requires the use of synthetic methodology, which can assess the economic and social variables and their interactions. The fuzzy sets (CF, Conjuntos Fuzzy) methodology was used to build economic indicators and validate them to compose the Index of Sustainable Pantanal Farm (FPS, Fazenda Pantaneira Sustentável). The variables used in model development was, on an annual basis, the relationship of cost / gross revenue (C_C) profit / gross revenue (L_C) and the average annual value of the calf (Pr) defining 52 rules for achieving the inferences. We estimated three sets of results arranged in a factorial way and results discussed with farmers for the adjustments, that were made. For comparison of the two economic indexes (before and after adjustments) the results were analyzed using Pearson and Spearman correlations with estimated values of 0.77 and 0.96, respectively, both being significant estimates ($p < 0.01$). The results indicate that the adjustments necessary to validate the rules were relatively close to that observed by farmers. The methodology of scenarios simulation and further discussion with the farmers made it possible to validate the rules and processes of *fuzzification* and *defuzzification* used in the development of economic aspects of the FPS.

Keywords: Production system, rule based, *fuzzification*, *defuzzification*

¹ Financiado pela carteira do Macroprograma 2 da Embrapa

² Analista da Embrapa Informática Agropecuária, C P 6041, 13083-886, Campinas, SP (helano@cnptia.embrapa.br)

³ Pesquisador da Embrapa Pantanal, C P 109, 79320-900, Corumbá, MS (urbano@cpap.embrapa.br)

⁴ Pesquisadora da Embrapa Pantanal, C P 109, 79320-900, Corumbá, MS (sasantos@cpap.embrapa.br)

⁵ Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, C P 6041, 13083-886, Campinas, SP (silvia@cnptia.embrapa.br)

Introdução

A sustentabilidade dos biomas é alicerçada no tripé ambiental, social e econômico. Para a manutenção do equilíbrio destes três aspectos no Pantanal é importante estabelecer política diferenciada, que auxilie aos produtores a manterem o Pantanal produtivo e conservado. Fornecendo suporte ao processo de tomada de decisão e de desenvolvimento econômico e social. A definição e utilização de indicadores de sustentabilidade é estratégia eficiente para avaliar e formular políticas de desenvolvimento (CORNELISSEN, et al., 2001). Na definição de indicadores de sustentabilidade de sistema de produção pecuário há necessidade de utilização de metodologia de síntese, que permita avaliar as variáveis econômicas e sociais e suas interações. Além de exprimir a dinâmica das características ambientais da região (ABREU; SANTOS, 2010).

Este artigo objetiva por meio da metodologia dos conjuntos *Fuzzy* (CF) construir indicadores econômicos e validá-los para comporem o Índice da Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS).

Material e Métodos

Por meio de acompanhamento de sistemas de produção reais de pecuária de corte com objetivo de introduzir tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Pantanal foi possível o acesso ao fluxo de caixa de propriedades pantaneiras de diferentes sub-regiões do Pantanal (ABREU et al., 2006). Na definição de variáveis que expressassem de maneira simples os desempenhos econômicos e administrativos, optou-se por utilizar em base anual, as relações de custo/receita bruta (C_C) e lucro/receita bruta (L_C). Para inserir na modelagem as variações anuais do mercado optou-se em incluir o valor anual médio do bezerro (Pr), principal ativo financeiro da pecuária pantaneira. Foram criadas 52 regras para a realização das inferências.

A teoria de conjuntos *Fuzzy* foi desenvolvida por Zadeh (1965) com objetivo de desenvolver metodologia matemática, que permitisse modelar determinada variável de maneira a incorporar certo grau de subjetividade. A obtenção de formalização matemática de um conjunto CF baseou-se no fato de que qualquer conjunto clássico pode ser caracterizado por uma função característica, cuja definição é dada abaixo.

Seja U um conjunto e A um subconjunto de U. A função característica de A é dada por,

$$C_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

Desta forma, C_A é uma função cujo domínio é U e a imagem esta contida no conjunto no conjunto {0, 1}, com $C_A(x) = 1$ indicando que o elemento x está em A, enquanto $C_A(x) = 0$ indica que x não é elemento de A. Assim, a função característica descreve completamente o conjunto A já que indica quais elementos do conjunto universo U são elementos também de A. Detalhes da metodologia podem ser observadas em Tanaka (1991).

O processo de validação foi realizado por meio de testes das três variáveis com arranjo fatorial das variáveis, ou seja, a combinação variável mantendo sempre duas fixas, além de utilizar os pontos de máximo e mínimo. Os resultados foram apresentados a produtores experientes, que avaliaram a adequação do mesmo a realidade, semelhante ao realizado por Azadi et al (2009). O programa de análise utilizado foi o *WebFuzzy que foi baseado no sistema FuzzyGen (LIMA E MASSRUHÁ, 2009)*.

Resultados e Discussão

Foram apresentados três series de resultados aos produtores. O Pr variou dentro da amplitude total, mínimo de 100,00 reais ao máximo de 800,00 reais. Na série onde foram fixadas as variáveis C_C e L_C, com o Pr sendo variado, o resultado quando os C_C e L_C estavam com desempenhos ruins (C_C alto e L_C baixo) mas o Pr estava alto, as normas penalizavam o índice econômico. O exemplo foi quando as variáveis Pr, C_C e L_C foram 700 reais, 90% e 10%, respectivamente (Figura 1). O índice econômico observado foi de 4,68 (em máximo de 10).

INDICE:4,68 (CenterOfGravity)

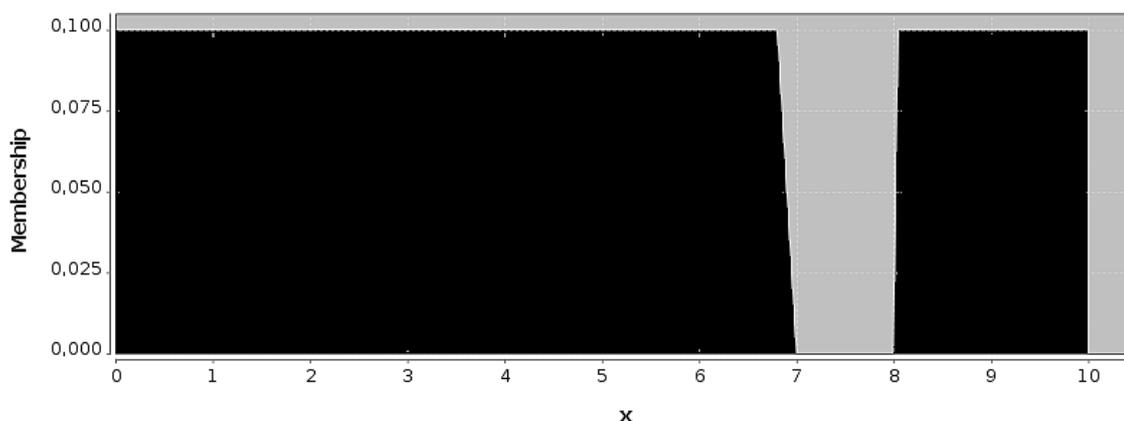


Figura 1 – Defuzzificação das variáveis custo/receita bruta (C_C), lucro/receita bruta (L_C) e valor anual médio do bezerro (Pr) quando os valores foram, 90%, 10% e 700,00 reais, respectivamente.

Os produtores contestaram o resultado, pois na prática o Pr estando excelente o sistema de gestão pode ser menos rigoroso, pois o fluxo de caixa é positivo quando o Pr é alto, mesmo havendo ineficiência na gestão.

As cinquenta e duas regras foram reavaliadas em função das sugestões dos produtores, principalmente em relação ao maior peso positivo no caso do Pr ser considerado excelente. Com as regras modificadas e utilizando o exemplo mostrado acima, o resultado observado foi o índice econômico ser estimado em 7,51, como observamos na Figura 2.

INDICE:7,51 (CenterOfGravity)

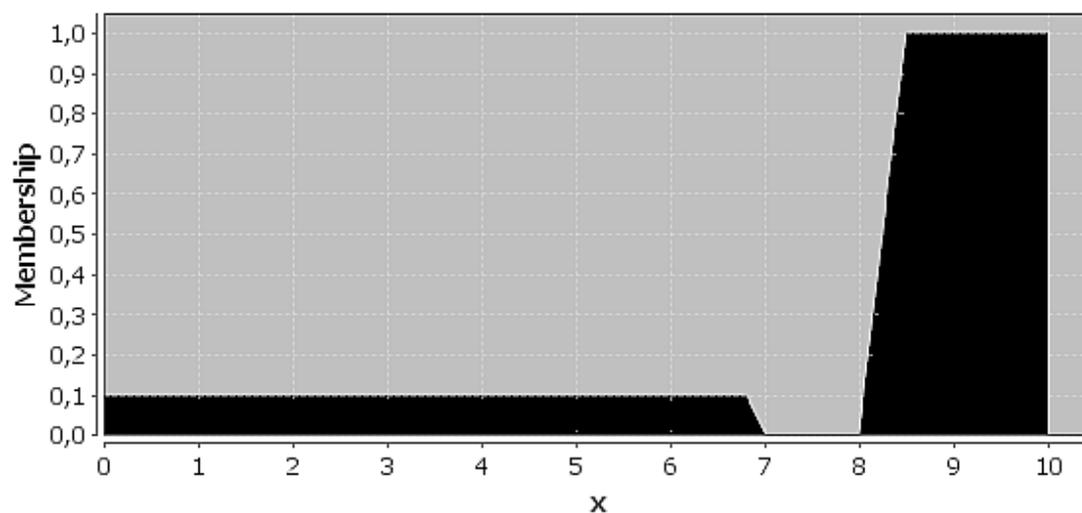


Figura 2 – Defuzzificação após a realização de ajustes nas regras das variáveis custo/receita bruta (C_C), lucro/receita bruta (L_C) e valor anual médio do bezerro (Pr) quando os valores foram, 90%, 10% e 700,00 reais, respectivamente.

Após as reformulações nas regras, novamente foram realizadas as três séries de análises e depois apresentadas para os produtores, sendo os resultados aceitos, com conseqüente aderência aos sistemas reais de produção.

Para comparação dos dois índices econômicos (antes e depois dos ajustes) os resultados foram submetidos as análises de correlações de Pearson e Spearman com valores estimados de 0,77 e 0,96, respectivamente, sendo as duas estimativas significativas ($p < 0.01$). Os resultados indicam que os ajustes necessários para validação das regras estavam relativamente próximos com o observado pelos produtores no processo de validação.

Segundo Azadi et al (2009) que trabalharam com desenvolvimento de modelo para estimativa da taxa de lotação nas pastagens nativas do Irã, esta maneira de realizar a validação incorporando o conhecimento dos produtores rurais permitiu o desenvolvimento de ferramenta que fornece o suporte para o manejo sustentável das áreas de pastagem nativa na região estudada. Sendo uma análise fácil e prática de ser realizada e aplicada nas decisões dos produtores.

Tal objetivo vem ao encontro do processo de desenvolvimento de aplicações utilizando metodologia de conjuntos *Fuzzy* para produtores pantaneiros avaliarem a sustentabilidade econômica da atividade pecuária, em face da dinâmica do mercado e em função da tomada de decisão em relação ao custo e lucro da atividade.

Conclusões

O processo de validação dos aspectos econômicos da sustentabilidade da atividade pecuária do Pantanal realizada por meio de simulações de diversas situações. Com posterior apresentação e discussão dos resultados com produtores, que acompanham com cuidado seus fluxos de caixa e orçamento, tornou possível validar as regras e os processos de *fuzzificação* e de *defuzzificação* utilizados no desenvolvimento dos aspectos econômicos do Índice da Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS).

Entretanto o monitoramento aos sistemas reais deverá ser constante, pois como o mercado é dinâmico as regras e os métodos de avaliação da sustentabilidade econômica deverão estar sempre sendo avaliados para manter a aderência com os sistemas reais de produção.

Referências

ABREU, U.G.P.; SANTOS, S.A. Produção e conservação: entraves e oportunidades rumo a sustentabilidade, o caso do Pantanal. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa, **Anais...** Viçosa: Universidade de Viçosa, p.97-120, 2010.

ABREU, U.G.P.; LOPES, P.S.; BAPTISTA, A.J.M.S.; TORRES, R de A; SANTOS, H do N. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. Análise de eficiência. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1242-1250, 2006.

AZADI, H.; VAN DEN BERG, J.; SHAHVALI, M.; HOSSEININIA, G. Sustainable rangeland management using fuzzy logic: A case study in Southwest Iran. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.131, p. 193-200, 2009.

CORNELISSEM, A.M.G.; VAN DEN BERG, J.; KOOPS, W.J.; GROSSMAN, M.; UDO, H.M.J. Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.86, p. 173-185, 2001.

LIMA, H. P. De; MASSRUHÁ, S. M. F. S. **Sistema FuzzyGen: manual do usuário**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. 24 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 96).

TANAKA, K. **An introduction to fuzzy logic for practical applications**. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1996. 138 p.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, p. 338–353, 1965.