

WEBFUZZY E FUZZYGEN - FERRAMENTAS PARA MODELAGEM FUZZY: APLICAÇÃO NA SUSTENTABILIDADE DAS FAZENDAS DO PANTANAL¹

HELANO PÓVOAS DE LIMA²
SILVIA MARIA FONSECA SILVEIRA MASSRUHA³
URBANO GOMES PINTO DE ABREU⁴
SANDRA APARECIDA SANTOS⁵

RESUMO: Este artigo descreve as motivações e características das ferramentas FuzzyGen e WebFuzzy, desenvolvidas pela Embrapa Informática Agropecuária para a construção de sistemas de inferência *fuzzy*, visando atender, com eficiência e baixo custo, a demanda por sistemas de suporte à decisão que possibilitem a agregação de conhecimento dos pesquisadores nas diversas áreas de atuação da Embrapa na pesquisa para o agronegócio brasileiro. Objetivou-se também apresentar a aplicação de tais ferramentas na construção de um sistema de suporte à decisão para avaliar a sustentabilidade das fazendas de bovinocultura do Pantanal denominado FPS (Fazenda Pantaneira Sustentável).

PALAVRAS-CHAVE: lógica fuzzy, ferramenta, sustentabilidade, bovinocultura, Pantanal.

WEBFUZZY E FUZZYGEN – TOOLS FOR FUZZY MODELING : APPLICATION ON THE PANTANAL FARMS SUSTAINABILITY

ABSTRACT: This paper describes the motivations and characteristics of the FuzzyGen and WebFuzzy tools, developed by Embrapa Agriculture Informatics to build fuzzy inference systems, aiming to provide, with efficiency and low cost, the demand for decision support systems that enable the aggregation of knowledge from researchers in several areas of Embrapa research for the brazilian agribusiness. An application of such tools on the build of a decision support system for assessing the sustainability of cattle farms in the Pantanal called FPS (Sustainable Pantanal Farm) is also presented.

KEYWORDS: fuzzy logic, tool, sustainability, cattle production, Pantanal.

1. INTRODUÇÃO

Técnicas de computação vêm sendo aplicadas cada vez mais na resolução de problemas nas mais distintas áreas, entretanto, ainda existem barreiras a serem superadas, principalmente quanto à complexidade elevada de alguns problemas e dificuldade em agregar o conhecimento de especialistas a um modelo matemático computacionalmente viável.

Zadeh (1965) fundamentou o conceito de conjuntos *fuzzy* (*CF*), como sendo uma classe de objetos onde cada elemento possui um grau de pertinência contínuo, admitindo qualquer valor entre zero e um. Segundo o autor, tal conceito permite que sejam tratados problemas do mundo real onde os critérios de pertinência e as fronteiras entre classes, não são precisamente definidos (nebulosos).

O emprego da lógica *fuzzy* na modelagem e auxílio na tomada de decisão teve início com o trabalho de Mamdani (1976), o qual propôs um controlador para sintetizar o processo

¹ Financiado pela carteira do Macroprograma 1 e 2 da Embrapa

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

³ Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, C P 6041, 13083-886, Campinas, SP (silvia@cnptia.embrapa.br)

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

⁵ Pesquisadora da Embrapa Pantanal, C P 109, 79320-900, Corumbá, MS (sasantos@cpap.embrapa.br)

de tomada de decisão de um operador industrial habilitado, adotando um processo de decisão baseado em regras do tipo “SE A então B”, onde tanto o antecedente quanto o consequente são valores de variáveis linguísticas, expressos por meio de CF. Desta maneira, é relativamente fácil a incorporação do conhecimento de especialistas. Neste trabalho foi adotado o modelo proposto por Mamdani (1976).

Embora existam disponíveis pacotes de software que facilitam a construção de sistemas de inferência *fuzzy* (FIS, do inglês *Fuzzy Inference System*), como o *fuzzy toolbox* do Matlab®, estes além de muito caros, são de difícil incorporação em aplicações voltadas para o usuário final. Tais carências motivaram o desenvolvimento de ferramentas próprias, que possibilitassem a agregação de conhecimento dos pesquisadores nas diversas áreas de atuação da Embrapa na pesquisa para o agronegócio brasileiro.

Um dos temas mais discutidos na atualidade são ferramentas de suporte à decisão para medir a sustentabilidade de sistemas de produção considerando os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Neste sentido, objetivou-se aplicar as técnicas de modelagem *fuzzy* para constituir um sistema de suporte à decisão para avaliar a sustentabilidade das fazendas de bovinocultura do Pantanal.

2. OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho são apresentar as ferramentas FuzzyGen e WebFuzzy, desenvolvidas pela Embrapa Informática Agropecuária para a construção de sistemas de inferência *fuzzy* e a aplicação de tais ferramentas no desenvolvimento da ferramenta fazenda pantaneira sustentável (FPS).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção da FPS, foram definidos os indicadores dos principais aspectos da sustentabilidade da fazenda do Pantanal. Foram então definidos os intervalos (CF) de cada indicador e aplicados os passos básicos de um FIS de Mamdani (YING, 2000) que são:

* **fuzzificação:** É o processo matemático onde o valor real de uma variável de entrada é convertido para um valor de pertinência a um CF (termo linguístico). Este processo é melhor ilustrado na Figura 1. Como exemplo, observe que dado o valor de entrada 370,0 para a variável PRECO_BEZERRO, seu grau de pertinência (*membership*) é de 0,25 ao CF RUIIM e de 0,75 ao CF REGULAR.

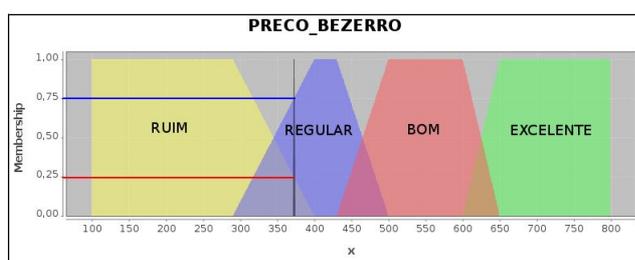


Figura 1 – Processo de fuzzificação.

* **Base de regras *fuzzy*:** São regras do tipo GMP (*Generalized Modus Ponens*), expressas em função dos termos linguísticos (CF) das variáveis de entrada no antecedente e variáveis de saída no consequente. Em um FIS, cada regra da base é aplicada conforme os graus de pertinência encontrados na fase de fuzzificação. Um exemplo de regra *fuzzy* é:

“Se PRECO_BEZERRO é RUIIM então SUSTENTABILIDADE é BAIXA;”

* **Defuzzificação:** É o processo matemático usado para converter os CF em um valor real. Aqui, os CF das variáveis de saída encontrados no processo de implicação da base de regras

são agregados. Para isso várias expressões matemáticas podem ser usadas, neste trabalho foi adotado o método de centro de gravidade, que pode ser visto na Figura 2.

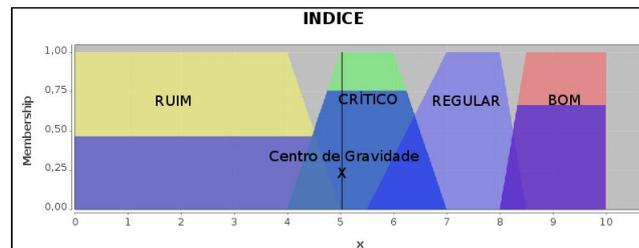


Figura 2 – Processo de defuzzificação.

Inicialmente, existia a necessidade de desenvolver uma ferramenta para a modelagem e construção de um FIS, que fosse capaz de oferecer uma interface amigável ao usuário, provendo-o de todos os componentes básicos descritos anteriormente. Neste contexto, foi criada a ferramenta *FuzzyGen* (LIMA; MASSRUHÁ, 2009) baseada na API *jFuzzyLogic* (CINGOLANI, et al., 2011) e na arquitetura Java SE para *desktop*. Através do *FuzzyGen*, é possível definir um FIS usando o padrão FCL (*Fuzzy Control Language*) para interoperabilidade (IEC, 1997). A interface desta ferramenta pode ser vista na Figura 3.

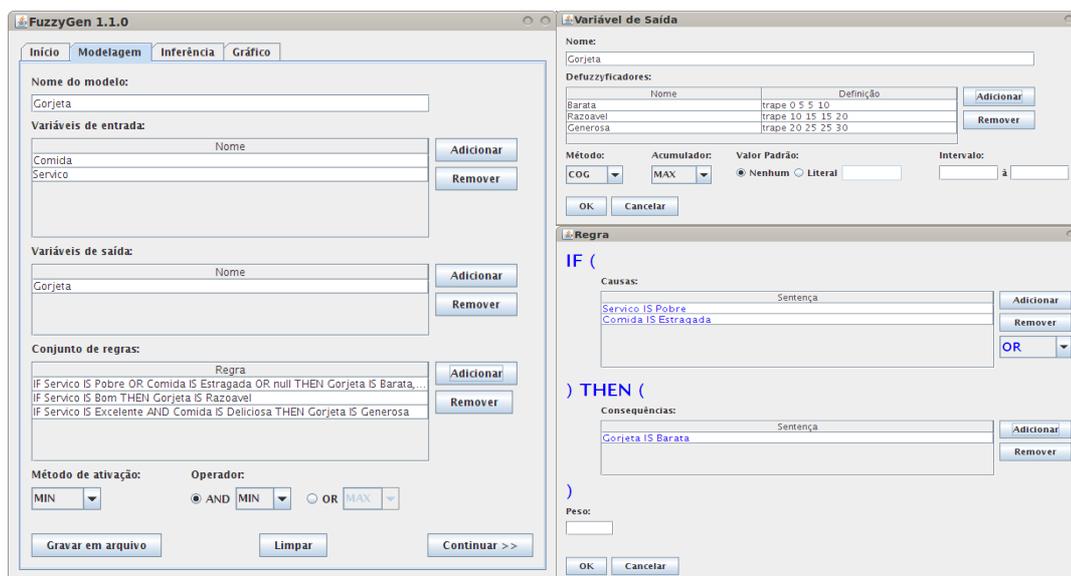


Figura 3 – Interface do FuzzyGen.

Entretanto, o *FuzzyGen* contemplava apenas a etapa de construção, não permitindo análises mais apuradas das inferências sobre o modelo, e sobretudo, não era de fácil distribuição por se tratar de uma aplicação *desktop*. Mostrou-se então necessário construir uma aplicação capaz de disponibilizar os modelos para serem usados pelo público leigo.

Foi então desenvolvido o *WebFuzzy* (WEBFUZZY, 2011), que pode ser definido como um servidor de aplicação na internet para modelos no padrão FCL (que podem ser gerados pelo *FuzzyGen*). Ele baseia-se no mesmo mecanismo de inferência, mas utiliza uma arquitetura voltada para a internet composta pela linguagem Java (*Enterprise Edition*), pelo servidor de aplicação Tomcat e pelo banco de dados PostgreSQL, oferecendo uma interface bem melhor.

O sistema divide-se em 3 partes. A primeira consiste no formulário de fornecimento dos valores das variáveis de entrada do modelo, que podem conter valores numéricos ou categóricos, onde é possível visualizar também suas descrições e respectivos intervalos (*CF*) graficamente. A segunda parte, consiste nos resultados da inferência realizada, onde podem

ser vistos, além da fuzzificação das variáveis de entrada (Figura 1), a defuzzificação das variáveis de saída (Figura 2), um comparativo gráfico normalizado em formato de radar dos valores de entrada e saída e as regras ativadas pelo FIS, com seus respectivos pesos e suportes. Desta maneira, é possível interpretar visualmente todo o processo, identificando e explicando onde está o problema. A terceira parte, consiste em um simulador, que permite analisar a saída do modelo para todas as combinações possíveis de valores entre as variáveis de entrada (para variáveis numéricas são usados valores equidistantes no seu universo), além de uma funcionalidade para processamento em lote de inferências através do fornecimento de um arquivo do tipo texto contendo os valores de entrada separados por vírgulas, que pode ser usado quando se deseja analisar a saída do modelo para um grupo específico de cenários.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto piloto implementado no sistema foi o Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS) que consiste em um sistema de suporte à decisão para avaliar a sustentabilidade da atividade pecuária no Pantanal. Sua motivação surge da necessidade de utilização de metodologia de síntese no uso de indicadores de sustentabilidade, que permita avaliar as variáveis econômicas e sociais e suas interações. Além de exprimir a dinâmica das características ambientais da região (ABREU; SANTOS, 2010).

Tal problema é perfeitamente alinhado com o tratamento de incerteza e imprecisão oferecido pela lógica *fuzzy*, visto que sustentabilidade é um termo por natureza nebuloso. Além disso, grande parte do conhecimento sobre o assunto é empírico, oriundo dos produtores ou está somente na cabeça dos especialistas de domínio, podendo ser expresso através de regras linguísticas de maneira mais fácil.

Para compor o FPS foram desenvolvidos vários modelos *fuzzy* para agregar os indicadores de cada área (variáveis de entrada) conforme orientação de um grupo multidisciplinar de pesquisadores da Embrapa Pantanal. Cada modelo tem como variável de saída um subíndice da dimensão que trata, estes subíndices são agregados conforme mostrado na Figura 4, tendo como resultado o índice final de sustentabilidade.

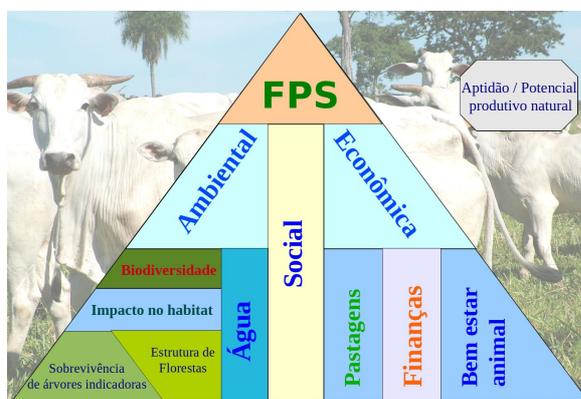


Figura 4 – Estrutura dos modelos do FPS.

Para o processo de validação, optou-se por utilizar a simulação de cenários e posterior apresentação e discussão dos resultados com os produtores, ambos suportados pelo WebFuzzy. Tal metodologia de validação já foi utilizada entre outros por Azadi et al. (2009), obtendo bons resultados.

Um estudo de caso sobre o modelo econômico da FPS pode ser visto em Lima et al. (2010) e no artigo intitulado “Validação de indicadores econômicos de sistemas pecuários no pantanal utilizando teoria fuzzy” a aparecer neste mesmo congresso.

4. CONCLUSÕES

A aplicação das ferramentas FuzzyGen e Webfuzzy nas etapas da construção do sistema de suporte à decisão FPS, se mostrou uma alternativa viável para a incorporação de conhecimento que de outra maneira estaria perdido ou disperso, resultando em uma avaliação integrada da sustentabilidade da atividade pecuária no Pantanal e tendo grande potencial para auxiliar aos tomadores de decisão como governo e órgãos de fomento.

Tais ferramentas também se mostraram eficientes em substituir pacotes comerciais, possibilitando a incorporação eficiente e com baixo custo, de modelos *fuzzy* em sistemas na internet voltados para o usuário final, tendo grande potencial de aplicação em diversas áreas, inclusive no agronegócio brasileiro.

5. 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.

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.

CINGOLANI, P. jFuzzyLogic - Open Source Fuzzy Logic library. 2011. Disponível em: <<http://jfuzzylogic.sourceforge.net>>. Acesso em jun. 2011.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 1131 - Programmable Controllers , Part 7 - Fuzzy Control Programming , 1997. Disponível em: <<http://www.fuzzytech.com/binaries/ieccd1.pdf>>. Acesso em fev. 2008.

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).

LIMA, H. P. de; ABREU, U.G.P.; SANTOS, S.A.; MASSRUHÁ, S. M. F. S. Avaliação Econômica de Sistemas Extensivos de Cria no Pantanal utilizando a Teoria dos Conjuntos Fuzzy – Processo de Validação . In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5, 2010, Corumbá, MS. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal: UFMS; Campinas: ICS do Brasil, 2010. 1 CD-ROM SIMPAN 2010.

LIMA, H. P. de; MASSRUHÁ, S. M. F. S. WebFuzzy – Ferramenta para implementação de modelos fuzzy na internet. 2011. Disponível em: <<http://www.webfuzzy.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em jun. 2011.

MAMDANI, E. H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis, Proceedings of the sixth international symposium on Multiple-valued logic, p.196-202, May 25-28, 1976, Logan, Utah, United States.

YING, H. Fuzzy Control and Modeling: Analytical Foundations and Applications. New York: IEEE Press, 2000. 342 p.

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