

Sistema baseado em regras para apoio no processo de avaliação de propostas de Reserva Legal*

José A. F. Roveda¹, Adriano Bressane¹, Patricia Satie Mochizuki², Sandra R. M. M. Roveda¹, Weldon Lodwick³

¹ ICTS – Unesp – Campus Sorocaba. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. Av. 3 de março, 511. Alto da Bos Vista. CEP 18087-180. Sorocaba, SP.

{roveda, sandra}@sorocaba.unesp.br; bressane@posgrad.sorocaba.unesp.br.

² Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

Rua Gustavo Teixeira, 412. Mangal. CEP 18040-343. Sorocaba, SP.

patriciasm@ambiente.sp.gov.br.

³ University of Colorado. 1201 Larimer St, Denver, CO 80204, United States.

Weldon.Lodwick@ucdenver.edu

Resumo

A Reserva Legal, conforme define a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, que dentre outras coisas, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, é um instrumento que tem por finalidade a criação de espaços territoriais amplamente protegidos [1]. O parágrafo III no Art. 3º define Reserva Legal como sendo:

Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológico e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. (Lei 12.651, 2012, pág 2).

Uma das maiores dificuldades encontradas pelos Órgão Governamentais que avaliam as propostas de Reserva Legal está na subjetividade das variáveis analisadas no processo, que muitas vezes é medida por meio de sensoriamento remoto, foto interpretação, etc. Neste sentido a Lógica Fuzzy apresenta-se como uma ferramenta proeminente no sentido de auxiliar especialistas no processo de avaliação, devido a sua capacidade de lidar com subjetividades e incertezas [2].

Com o intuito de auxiliar na análise, este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um sistema fuzzy baseado em regras, do tipo Mamdani, que possa apoiar Órgãos Governamentais na avaliação locacional de propostas de reserva florestal, baseada no estado de conservação e cumprimento de funções ecossistêmicas.

Para a elaboração do sistema, alguns especialistas da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo foram consultados e cinco variáveis foram escolhidas para fazer parte desta primeira versão. São elas: Vegetação Nativa, que é medida pela proporção, em porcentagem, de cobertura vegetal nativa na área proposta; Efeito de Borda, que é medida pelo índice de circularidade [3]; Corredor Biológico, que é medida pela distância entre a área proposta e áreas cobertas com vegetação nativa no entorno; e Fixação do Solo, medida pela proporção sujeita a moderado ou elevado

*Os autores agradecem as Agências de Fomento: Capes (projeto #1846-15-9), FAPESP (projeto #2015/07714-4), e CNPq (projeto #400754/2014-2).

risco de erosão na área proposta, levando em consideração declividade superior a 30%.

Este sistema está sendo elaborado de duas maneiras diferentes. A primeira é baseada em Bressane et.al. [4], e utiliza o Processo Analítico Hierárquico, do inglês *Analytic Hierarchy Process – AHP*, desenvolvido por Saaty [5,6], na construção da Base de Regras, estabelecendo o quanto cada variável influenciará na tomada de decisão e incorpora à regra o nível de confiança na recomendação, nível este estabelecido pelos especialistas. Já a segunda forma é baseada em [7], onde Phillis et.al. estabelecem um critério mais simplificado e sem ponderações na criação da base de regras. Atribuindo valores inteiros de 0 (zero) a n (sendo n a quantidade de conjuntos fuzzy utilizados na fuzzificação da variável), a saída de cada regra é estabelecida pela soma dos valores dos conjuntos fuzzy envolvidos nesta regra. Desta forma, uma base de regras composta, por exemplo, por duas variáveis, sendo cada uma delas fuzzificada por três conjuntos fuzzy (que terão valores 0, 1 e 2), terá 9 regras cujo valor das saídas variarão entre 0 (zero) para a primeira regra e 4 para a última.

Como resultados, espera-se que o sistema utilizando o procedimento proposto por Bressane, tenha-se um modelo que reflita a opinião de especialistas e que possa auxiliar na tomada de decisão em aceitar ou rejeitar uma proposta, no processo de avaliação da mesma. Com o segundo sistema, construído de acordo com a metodologia de Phillis, pretende-se avaliar o quão diferente serão os resultados obtidos por uma metodologia que leva em consideração pesos, níveis de confiança e análises hierárquicas em comparação com outra que utiliza uma metodologia sem pesos e com um processo de construção da base de regras que sempre prioriza o menor conjunto na saída de cada regra. Dados para testes serão disponibilizados pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

Palavras Chave: Lógica Fuzzy, Sistema baseado em Regras, Tomada de Decisão.

Referências

1. BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/12651.htm>. Último acesso em 12 de junho de 2016.
2. ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and control*, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.
3. BORGES, L.F.R.; SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. *Cerne*, v. 10, n. 1, p. 22-38, 2004.
4. BRESSANE, A. ; ROVEDA, J. A. F. ; ROVEDA, S. R. M. M. ; MARTINS, A.C.G. ; MEDEIROS, G. A. ; PECHE FILHO, A. ; RIBEIRO, A. I. . Aplicação do Processo Analítico Hierárquico na construção de um Sistema Fuzzy de Apoio ao Planejamento do Uso Futuro na Recuperação de Áreas Degradadas: estudo de uma cava mineral na Serra do Japi. *Geociências (São Paulo. Online)*, v. 34, p. 88-102, 2015.
5. SAATY, T.L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Math. Psychology*, v. 15, p. 234-281, 1977.
6. SAATY, T.L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *The Institute for Operations Research and the Management Sciences. Interfaces*, v. 24, n. 6, p.19-43, 1994.

7. PHILLIS, Y.A.; GRIGOROUDIS, E.; KOUIKOLOU, A.S. Sustainability ranking and improvement of countries. *Ecological Economics*, v. 70, n. 3, p.542-553, 2011.