

Subsídios para Elaboração do Plano de Manejo do Parque *Grande Sertão Veredas* por meio de um Sistema de Informações Geográficas

Angelo Sartori Neto¹
Ricardo Seixas Brites²
Vicente Paulo Soares³
José Carlos Ribeiro⁴

¹Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal
Secretaria de Pós-graduação
36571-000 Viçosa – MG
sartori@alunos.ufv.br

²Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Desenvolvimento Sustentável
Brasília – DF
ricardo.brites@mma.gov.br

³Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Florestal
vicente@mail.ufv.br

⁴Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Engenharia Florestal
rib@mail.ufv.br

Abstract This paper presents a methodology, that use geographic information system and fuzzy sets theory, that allows to define the zoning of the national park and the management plan. The data of natural resources, used to make the management plans or in others decision making processes, sometimes can have ambiguity and uncertainties and the use of fuzzy logic theory to model this kind of variables was evaluated.

Key words zoning, national park, management plans, fuzzy logic, geographic information system.

Introdução

O planejamento ambiental, via de regra, trabalha com grande número de variáveis (solo, vegetação, clima, fauna, geomorfologia, aspectos sociais etc.) que atuam interativamente. A complexidade, em termos estruturais e da quantidade de variáveis, requer o desenvolvimento de técnicas como suporte aos processos de tomada de decisões. Nesse sentido, os sistemas de informações geográficas (SIGs) e o sensoriamento remoto são ferramentas fundamentais no estudo e manejo dos recursos naturais, tornando o planejamento uma atividade mais dinâmica e eficiente.

O estudo e a tentativa de planejamento da ocupação do ambiente pelo homem têm sido um dos principais focos de preocupação para a implementação de políticas e técnicas que possam discipliná-la. A implementação de um sistema de unidades de conservação constitui-se em uma estratégia para garantir a preservação dos recursos naturais e incentivar o uso sustentável destes recursos (MILANO et al., 1986).

Portanto, as unidades de conservação também são alvo do planejamento, para que seus objetivos de manejo sejam plenamente satisfeitos. A administração destas áreas

faz-se mediante o plano de manejo, que é o instrumento básico para traçar as diretrizes de utilização e conservação dos seus recursos (WRI/UICN/PNUMA, 1992). No plano de manejo define-se o zoneamento da unidade de conservação, com o objetivo de se caracterizar cada zona e propor ações para o seu correto desenvolvimento. Este zoneamento é feito com base na combinação dos dados de flora, vegetação, fauna, hidrografia, solos etc. Portanto, o zoneamento de unidades de conservação é uma tarefa complexa, exigindo recursos que possam facilitá-la e torná-la mais eficiente.

O zoneamento é utilizado pelos planejadores como instrumento básico para o ordenamento da unidade. Ele consiste no parcelamento de uma área geográfica em setores, ou zonas, onde, após devidas análises, certas atividades são permitidas e outras são proibidas. Ou seja, ele consiste em identificar quais áreas mais adequadas para cada uso ou objetivo de manejo. Portanto, o zoneamento é um procedimento usado para estratificar a área segundo critérios técnico-científicos, visando a prescrição de normas e ações (GRIFFITH et al., 1995).

Conforme exposto anteriormente, o problema caracteriza-se pela complexidade advinda do número de variáveis envolvidas, as suas inter-relações e as incertezas e ambigüidades associadas às mensurações destas mesmas variáveis e à forma pela qual devem ser combinadas. Nos últimos anos, esforços têm sido despendidos no sentido de se desenvolver técnicas e procedimentos, conjugados com SIGs, para equacionar decisões envolvendo múltiplos critérios e objetivos (CHEN et al., 1994; EASTMAN et al., 1995; HICKEY e JANKOWSKI, 1997).

O conhecimento impreciso está associado a praticamente todos os processos de tomada de decisões, e estas imprecisões podem ter basicamente duas origens: os dados e as incertezas nas regras de decisão. Incertezas incluem qualquer erro, conhecido ou não, ambigüidades ou variações na base de dados e nas regras de decisão (EASTMAN, 1997). Portanto, incertezas podem surgir de erros nas medições dos parâmetros, ambigüidade conceitual ou desconhecimento acerca de parâmetros importantes do modelo.

Nos processos de decisão, uma questão fundamental é estabelecer como determinado atributo interfere no processo, definindo um critério pelo qual ele limitará as opções de resolução do problema. Geralmente o limite deste critério não é muito claro, aparecendo então incertezas e imprecisões. Um exemplo poderia ser o caso em que o planejador precisaria definir o que seria uma declividade muito pronunciada. Optando por determinar que 17% de declividade, ou superior, atenderia ao critério de declividade muito acentuada, então isto significaria que 16% deixaria de atender este mesmo critério? Pelo exemplo, pode-se perceber que não há um limite muito claro e preciso para este critério. Estes conjuntos com tais características, sem limites bem definidos, são denominados de **conjuntos “fuzzy”**, ou **nebulosos**, e são delimitados por uma função de pertinência.

Este fenômeno exige um tratamento mais adequado para tornar possível o seu processamento por um sistema computacional de maneira mais aproximada a que um especialista humano utilizaria, ou seja, estará dando condições ao sistema de trabalhar considerando as características imprecisas do conhecimento (OLIVEIRA e

GOTTGTROY, 1997). A lógica “fuzzy” possibilita a implementação deste procedimento e vem sendo utilizada em vários campos do conhecimento.

Em um conjunto “fuzzy”, a pertinência ou não de um determinado elemento a ele deverá ser representada por transição gradual, denominada função de pertinência “fuzzy”, variando de 0 a 1. Uma situação oposta, em que a condição de pertinência ou não-pertinência seja abrupta, pode ser representada pela lógica booleana, em que só há duas possibilidades bem definidas.

Uma notação para conjuntos “fuzzy” foi proposta por Zadeh (1965), citado por DUBOIS e PRADE (1980), em que considerando um conjunto universo X , formado pelos elementos x , um conjunto “fuzzy”, denominado de \tilde{A} pode ser expresso da seguinte maneira:

$$\tilde{A} = \{ x, \mu_{\tilde{A}}(x) \mid x \in X \}, \quad (1)$$

em que $\mu_{\tilde{A}}(x)$ que determina o grau de pertinência do elemento x ao conjunto “fuzzy”. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ é um valor real no intervalo [0,1] e quanto mais próximo de 1, significa que mais fortemente o elemento x pertencerá ao subconjunto \tilde{A} , ou então, que x satisfaz plenamente a condição de \tilde{A} (DUBOIS e PRADE, 1980).

Em face das considerações feitas anteriormente, os objetivos principais deste trabalho são:

- desenvolver e executar um procedimento para dar suporte ao processo de tomada de decisões envolvendo avaliação de múltiplos critérios e resolução de objetivos conflitantes por meio de um sistema de informações geográficas e;
- elaborar uma proposta de zoneamento para o Parque Nacional Grande Sertão Veredas (PARNA GSV) utilizando os conceitos da lógica nebulosa.

Material e Métodos

O Parque Nacional Grande Sertão Veredas (PARNA GSV) foi criado em 1989 e situa-se entre as coordenadas geográficas 15°00' S e 15°06' S, 45°37' W e 46°03' W, no noroeste do estado de Minas Gerais. A sua área compreende um total de 83.363 hectares, com um relevo suave ondulado. Essa unidade de conservação enquadra-se fitogeograficamente, segundo RIZZINI (1979), na Província Central, Sub-província do Planalto Central, inserido no bioma Cerrado. O PARNA GSV situa-se em uma região onde a temperatura anual está entre as isoterms de 21°C e 23°C e a precipitação entre as isoietas de 1.050mm a 1.200mm (FUNDAÇÃO ... – CETEC, 1981).

A base cartográfica utilizada durante todas as fases de trabalho foi a seguinte: carta, na escala de 1:50.000, com hidrografia, curvas de nível com equidistância de 20 metros, estradas e limites do PARNA GSV e mapa de solos, na escala de 1:250.000, elaborado pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), PLANOROESTE II. A carta na escala de 1:50.000 foi elaborada pela TOPOCART, com base em restituição aerofotogramétrica digital, com diapositivo em escala aproximada de 1:60.000.

O mapa de vegetação foi obtido por meio da classificação digital de imagens orbitais TM/LANDSAT 5 (21 de julho de 1995), nas bandas 3, 4 e 5, conforme estudo realizado por SARTORI NETO (2000). Essa classificação definiu as seguintes categorias informacionais: cerrado *stricto sensu*, cerrado ralo, carrasco, vereda, mata de galeria e formações campestre, seguindo a nomenclatura proposta por Ribeiro e Walter (1998), citado por SARTORI NETO (2000).

Na execução dos trabalhos utilizou-se o sistema IDRISI 2.0 e o programa CARTALINX 1.0 empregado na digitalização dos mapas e edição dos arquivos. Utilizaram-se os seguintes periféricos e equipamentos: mesa digitalizadora formato A₀, impressora jato de tinta, com resolução máxima de 360 dpi, e receptor GPS Garmin modelo *Garmin plus*.. Na mesa digitalizadora procedeu-se à elaboração dos mapas digitais dos temas de hidrografia, curvas de nível, limites do Parque, estradas e classes de solos. Todos os arquivos foram convertidos para o formato matricial. O mapa de curvas de nível foi interpolado, utilizando-se o módulo INTERCON, obtendo-se o modelo digital de elevação (DEM). A partir do DEM gerou-se um mapa digital de declividade por meio do módulo SURFACE. Levantaram-se também áreas de ocorrência de voçorocas no interior do PARNA GSV, utilizando-se o GPS para localização geográfica desses pontos.

O Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros (Decreto nº 84.017, 21 de setembro de 1979) prevê sete tipos de zonas possíveis para este tipo de unidade de conservação. Apesar de sete zonas estarem previstas, definiu-se que se trabalharia com cinco zonas devido à falta de estudos e dados mais detalhados sobre os recursos naturais do Parque. Em seguida, tem-se a relação das zonas escolhidas: Zona Primitiva; Zona de Uso Extensivo, Zona de Uso Intensivo, Zona de Uso Especial e Zona de Recuperação.

Considerando as características das cinco zonas citadas anteriormente, as de recuperação e de uso especial podem ser separadas previamente, uma vez que basta identificar no campo as áreas que devam ser recuperadas e áreas onde já existam infraestrutura.

Analisando-se os objetivos básicos de manejo dos parques nacionais e as características de cada uma das zonas descritas anteriormente, percebe-se que os principais objetivos são: **preservação** e **uso público**. Portanto, as análises para definir a modelagem da avaliação por múltiplos critérios e objetivos, procurando propor um zoneamento para o PARNA GSV, foi desenvolvida para atender estas duas demandas (preservação e uso público). Dentre as três zonas que comportam preservação e uso público (zonas primitiva, de uso extensivo e de uso intensivo), a **zona primitiva** representaria o grau máximo para **preservação** e a **zona de uso intensivo** o grau máximo para **uso público**.

Os critérios foram definidos objetivando identificar áreas com maior potencial para **preservação** e **uso público/recreação**. Os critérios mais relevantes para designar as áreas com maior potencial para preservação, e uso público, foram identificados e utilizados para a geração de mapas de adequabilidade para os dois objetivos propostos.

Definiu-se uma escala de pontuação de 0 a 255, em que o valor 255 representaria a maior pontuação em termos de adequabilidade. Desta forma, os pixels das imagens dos fatores foram assinalados com estes valores, dependendo do atributo do fator, ou seja, o valor da declividade, a classe de vegetação, entre outros. Na **Tabela 1** estão apresentados os valores para os fatores classe de vegetação e de solos, para os dois objetivos propostos. Esses valores foram definidos pelo analista avaliando a aptidão de cada classe para a atividade proposta (preservação ou uso público).

Tabela 1 – Pontuação de adequabilidade para as classes dos fatores vegetação e solos, consideradas variáveis discretas na análise

FATOR	CLASSES DO FATOR	PONTUAÇÃO DA ADEQUABILIDADE	
		PRESERVAÇÃO	USO PÚBLICO
Mapa de Vegetação	Cerrado s.s.	150	130
	Cerrado ralo	150	130
	Carrasco	255	60
	Vereda	200	255
	Mata de galeria	190	255
	Formações campestres	130	190
Mapa de Solos	Aqd ₄	130	255
	Ae ₂	150	130
	Rd ₅	255	50
	Lvd ₉	255	50
	Lvd ₁	255	50
	Rd ₂	200	250
	Cd ₂	180	250

Aqd₄ -associação de Areias Quartzosas distróficas com Latossolo Vermelho Amarelo distrófico; **Ae₂**-solos aluviais eutróficos com solos Hidromórficos indiscriminados; **Rd₅**-associações de solos Litólicos distróficos com Areias Quartzosas distróficas; **Lvd₉**-associação de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico álico com Areias Quartzosas; **Lvd₁**-Latossolo Vermelho Amarelo distrófico álico; **Rd₂**-Associações de solos Litólicos distróficos álicos com Cambissolo distrófico álico e **Cd₂**-Cambissolo distrófico álico com solos litólicos distróficos.

Os demais fatores foram pontuados e padronizados por meio da teoria de conjuntos “fuzzy”, conceituada na Introdução, conforme apresentado na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Funções de pertinência usadas para modelagem dos fatores e os valores escolhidos para seus respectivos pontos de controle

OBJETIVO	FATOR	FUNÇÃO UTILIZADA	PONTO DE CONTROLE			
			a	b	c	d
PRESERVAÇÃO	Declividade	Sigmoidal crescente	0°	5°	-----	-----
	Proximidade aos rios	Sigmoidal decrescente	-----	-----	60 m	210 m
	Proximidade às voçorocas	Sigmoidal decrescente	-----	-----	30 m	300 m
	Proximidade ao ribeirão Mato Grande	Sigmoidal decrescente	-----	-----	1200 m	4000 m
	Proximidade ao rio Passagem do Mato	Sigmoidal decrescente	-----	-----	1200 m	3000 m
	Distância ao centro do Parque	Sigmoidal decrescente	-----	-----	0 Km	25 Km
	Proximidade de áreas de carrasco	Sigmoidal decrescente	-----	-----	180 m	600 m
USO PÚBLICO/ RECREAÇÃO	Declividade	Sigmoidal decrescente	-----	-----	7°	10°
	Proximidade aos rios	Sigmoidal crescente-decrescente	30 m	60 m	150 m	180 m
	Proximidade ao limite do Parque	Linear decrescente	-----	-----	0 Km	8 Km
	Proximidade aos principais pontos de acesso	Sigmoidal decrescente	-----	-----	1800 m	6000 m

Os valores de declividade e distâncias foram transformados em valores de adequabilidade por meio de funções de pertinência “fuzzy”, disponíveis no IDRISI pelo módulo FUZZY. Estas funções podem ser lineares, sigmoidais crescentes, sigmoidais decrescentes, entre outras, procurando modelar o caráter ambíguo do que seria mais ou menos declivoso, por exemplo. Na **figura 1**, mostra-se um exemplo de uma função de pertinência, em que o eixo x corresponde aos valores de determinado fator e o eixo y os valores de adequabilidade. As letras a, b, c, e d são denominadas pontos de controle das curvas e determinam os valores de x em que a curva começa a crescer, decrescer ou estabilizar, conforme a função e o fator.

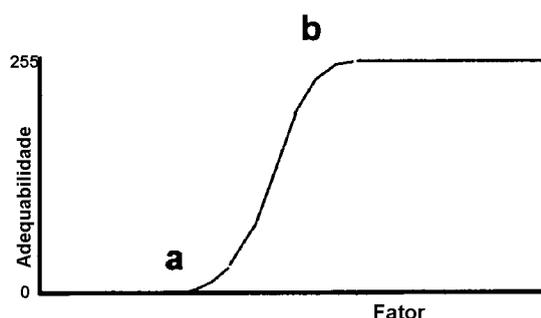


Figura 1 – Função de pertinência sigmoide crescente.

Uma vez estabelecidos os valores de adequabilidade para cada fator, definiu-se o peso de cada um deles por meio do Processo de Análise Hierárquica (AHP – “Analytical Hierarchy Process”) desenvolvido por SAATY (1977). Os pesos gerados pela AHP têm sua soma igual a 1, que é uma condição necessária para a combinação linear ponderada dos critérios.

Para se obter os mapas finais de adequabilidade para preservação e para uso público, os valores de adequabilidade de cada fator foram combinados pela procedimento linear ponderado, conforme a **Equação 2**.

$$\text{Adeq} = (\sum w_i x_i) * P C_j \quad (\text{equação 2})$$

em que

Adeq = o valor final de adequabilidade

W = o peso do fator i

X = a pontuação do fator i

C = valores das restrições.

Esse procedimento foi executado utilizando-se o módulo MCE do IDRISI. A partir dos dois mapas de adequabilidade (preservação e uso público), a resolução dos objetivos foi equacionada usando-se o módulo MOLA (Alocação de Terras por Múltiplos objetivos – “Multi-objective Land Allocation”), o qual utiliza um procedimento heurístico para decidir como alocar pixels de objetivos conflitantes.

Assim, gerou-se um mapa preliminar de zoneamento, discriminando as áreas mais adequadas para **preservação** e aquelas mais adequadas para o **uso público**, que foram reclassificadas para **zonas primitivas** e **zonas de uso intensivo**, respectivamente. Posteriormente, as zonas de recuperação e de uso especial, delimitadas previamente, foram sobrepostas ao mapa preliminar, gerando-se o mapa final de zoneamento para o PARNA GSV. Ressalte-se que aqueles pixels não selecionados na execução do MOLA foram classificados como áreas de **zona de uso extensivo**.

Resultados e Discussão

O mapa final de zoneamento pode ser visualizado na **Figura 2**, e o resultado obtido parece coerente com os fatores escolhidos e com os pesos determinados para cada um deles. Boa parte da área central do Parque foi incorporada ao objetivo proteção, bem como veredas e matas de galeria na porção norte do Parque. As áreas de uso público foram preferencialmente alocadas na periferia do Parque e próximas aos principais pontos de acesso.

Na composição dos mapas de adequabilidade, a teoria de conjuntos nebulosos proporciona uma maior versatilidade e dinamicidade ao desenvolvimento de sistemas de apoio aos processos de tomada de decisões. A possibilidade de várias alternativas, no que se refere à escolha da curva e definição dos pontos de controle das curvas, torna a análise um pouco mais complexa. Esta é uma etapa muito importante de todo o processo e deve ser realizada com muita cautela e bom senso.

O zoneamento proposto com o uso das técnicas demonstradas neste trabalho não pode ser considerado um produto acabado, mas uma base para análises mais profundas e auxílio aos manejadores nas tomadas de decisão. Uma vez que um grande número de variáveis e possibilidades de manejo pode ser simulado pelo sistema, os procedimentos aqui propostos são ferramentas importantes e muito úteis no processo de planejamento. Com a base digital devidamente preparada, o uso do SIG, juntamente com as outras técnicas testadas, dinamiza o processo de análise e combinação de fatores.

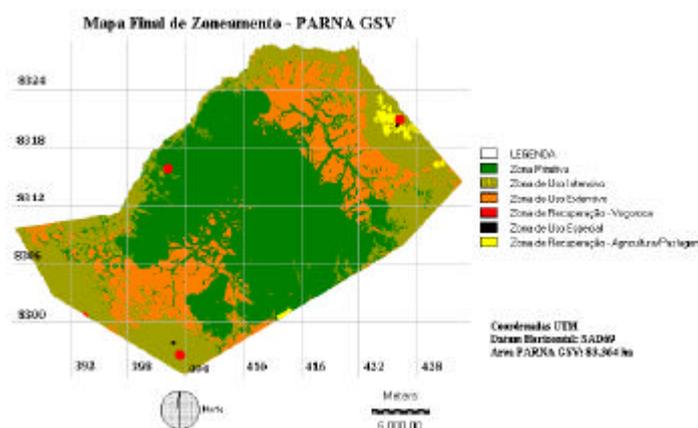


Figura 2 – Proposição final para o zoneamento do PARNA GSV.

Conclusões

- o uso do Processo de Hierarquia Analítica (AHP) mostrou-se muito prático na determinação dos pesos dos fatores e apresenta um potencial muito grande de uso no planejamento com muitas variáveis envolvidas;
- a metodologia proposta neste trabalho mostrou-se bastante dinâmica e flexível, possibilitando variações na modelagem “fuzzy” e na aplicação do Processo de Hierarquia Analítica;
- o resultado proposto não pode ser assumido como definitivo, mas indica tendências, um esboço a ser refinado;
- o procedimento é adequado para ser usado por grupos de interesses, nos processos de tomada de decisões, pois o AHP possibilita incorporar a visão dos grupos sobre os critérios mais ou menos importantes;
- a metodologia possibilita incorporar visão de comunidades locais, como por exemplo no planejamento de áreas de proteção ambiental, pois o AHP é uma técnica muito intuitiva.

Referências

- CHEN, J., NEWKIRK, R. T., DAVIDSON, G. The development of a knowledge-based geographical information system for the zoning of rural areas. **Environment and Planning B: planning and design**, Great Britain, v.21, p.179-190, 1994.
- DUBOIS, D., PRADE, H. **Fuzzy sets and systems theory applications**. New York: Academic Press, 1980. 393p.
- EASTMAN, R. **IDRISI for windows: user's guide**. version 2.0 Worcester: Clark University, 1997. Paginação irregular.
- EASTMAN, R., JIN, W., KYEM, P. A.K., TOLEDANO, J. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.61, n.5, p.539-547, 1995.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **II Plano de desenvolvimento integrado do noroeste mineiro: recursos naturais**. Belo Horizonte: 1981. 2 v. (Série de publicações técnicas, 2).
- GRIFFITH, J. J., JUCKS, I., DIAS, L. E. **Roteiro metodológico para zoneamento de áreas de proteção ambiental**. Viçosa, MG: UFV/IBAMA/PNMA, 1995. 37p. (Projeto BRA/90/010, Documento Final).
- HICKEY, R., JANKOWSKI, P. GIS and environmental decision-making to aid smelter reclamation planning. **Environment and Planning A**. Great Britain, v.29, p.5-19, 1997.
- MILANO, M. S., RIZZI, N. E., KANIAC, V. C. **Princípios básicos de manejo e administração de áreas silvestres**. Curitiba: ITCF, 1986. 57p.
- OLIVEIRA, M. A., GOTTGROY, M. P. B. A importância do tratamento do conhecimento impreciso no desenvolvimento de sistemas para a agricultura. In: *Agrosoft 97*, 1997. 7p. (*Download da Internet*).

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: HUCITEC; Editora da Universidade de São Paulo, 1979. v.2.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures **Journal of Mathematical Psychology** n.15, p.234-281, 1977.

SARTORI NETO, A . **Subsídios para elaboração do plano de manejo do Parque Nacional Grande Sertão Veredas por meio de um sistemas de informações geográficas**. Viçosa: UFV, 2000. 98p. (Tese de mestrado).

WRI/UICN/PNUMA **A estratégia global da biodiversidade** – Diretrizes de ação para estudar, salvar e usar de maneira sustentável e justa a riqueza biótica da Terra. Curitiba Fundação o Boticário de Proteção à Natureza (ed. em português).1992. 232p.