



Revista Brasileira de Cartografia (2014) N<sup>o</sup> 66/3: 545-554  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## **APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO E LÓGICA FUZZY PARA CRIAÇÃO DE ZONEAMENTO NO PARQUE ESTADUAL DA CACHOEIRA DA FUMAÇA/ES PARA FINS DE CONSERVAÇÃO**

*Application of Geoprocessing and Fuzzy Logic for the Establishment of Zoning in  
Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça/ES with Conservation Purposes*

**Fabricia Benda de Oliveira<sup>1</sup>, Carlos Henrique Rodrigues De Oliveira<sup>2</sup>, Julião  
Soares de Souza Lima<sup>1</sup>, Reinaldo Baldotto Ribeiro Filho<sup>1</sup>, Maiara Rodrigues  
Miranda<sup>1</sup>, Lomanto Zogaib Neves<sup>1</sup> & Fillipe Ferraz<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Centro de Ciências Agrárias - CCA**

Alto Universitário, s/n, Caixa Postal 16 – Guararema - 29500-000 – Alegre/ES, Brasil  
fabricia.oliveira@ufes.br; julio.lima@ufes.br; reinaldobrfilho@gmail.com; maiararm123@gmail.com;  
lomantozogaib@gmail.com

**<sup>2</sup>Instituto Federal do Espírito Santo – IFES  
Campus Ibatiba**

Avenida 7 de novembro, s/n, Centro - 29395-000 – Ibatiba/ES  
carlos.oliveira@ifes.edu.br

**<sup>3</sup>Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo**

Rua Professor Berilo Basílio dos Santos, 180, Centro – 29194-910 – Aracruz/ES  
fillipe.ferraz7@gmail.com

*Recebido em 29 de Outubro, 2013/ Aceito em 19 de Fevereiro, 2014  
Received on October 29, 2013/ Accepted on February 19, 2014*

### **RESUMO**

O Parque Estadual Cachoeira da Fumaça (PECF) foi criado em 24 de agosto de 1984, possui área aproximada de 162,50 hectares, situando-se nos municípios de Alegre e Ibitirama/ES. O presente trabalho objetivou criar um zoneamento para o PECF, com a finalidade de oferecer aos gestores uma ferramenta que auxilie na tomada de decisões relativas à alocação de áreas propícias à conservação, através de análise multicritério e de técnicas de geoprocessamento. Os materiais utilizados foram: Ortofotos do ES, mapa de curvas de nível obtido do Geobases e para coleta de dados em campo utilizou-se GPS. Foram definidos sete fatores para produzir os mapas de adequabilidade, onde os fatores relevantes para avaliação dos aspectos conservacionistas seguiram uma ordem de prioridade estabelecida pelo método Analytic Hierarchy Process (AHP), sendo a seguinte ordem: cobertura vegetal, trilha, estruturas, cachoeira, massa de água, declividade e acesso. Após a combinação dos fatores, foi gerado o mapa de adequabilidade com fins de conservação, com superfície de adequabilidade variando de menos apta a mais apta, representando o zoneamento das áreas mais adequadas à conservação. Através da análise do mapa, podem ser definidas estratégias para projetos de conservação do parque, visando dedicar maiores esforços para áreas específicas e com maior vulnerabilidade, direcionando assim o trabalho dos gestores e poupando recursos financeiros. Observou-se que as principais áreas propensas a medidas de

conservação estão próximas à cachoeira e às estruturas do parque, devido à maior pressão antrópica exercida nesses locais. Outras áreas que se destacaram, foram as áreas de pastagem, por estarem em estágio de regeneração.

**Palavras chave:** Conservação, Análise Multicritério, Vulnerabilidade, Processo Analítico Hierárquico.

## ABSTRACT

The “Cachoeira da Fumaça” state park (PECF) was created in August 24, 1984, having an approximate area of 162.50 hectares, standing in the municipalities of Alegre and Ibitirama / ES. This study aimed to create zoning for the PECF, with the purpose of provide managers with a tool to assist in making decisions regarding the allocation of favorable conservation areas through multi-criteria analysis and geoprocessing. The materials used were: Orthophoto of the Espírito Santo, contour lines map obtained from Geobases and GPS for collection of data in the field. Seven factors were defined to produce suitability maps, where relevant factors for assessing conservationists aspects followed an order of priority established by the method of Analytic Hierarchy Process (AHP), with the following order: vegetation cover, track, structures, waterfall, water body, slope and access. After the combination of factors, a suitability map was generated for the purpose of conservation, with surface suitability ranging from less to more apt, representing the zoning area most suitable for conservation. Through the analysis of the map, strategies for conservation of the park can be defined in order to devote greater efforts to specific and more vulnerable areas, thus guiding the work of managers and saving resources. It was observed that the main areas prone to conservation measures are close to the waterfall and the structures of the park due to increased anthropogenic pressure exerted on these sites. Other areas that stood out were grazing areas for being in regeneration stage.

**Keywords:** Conservation, Multi-criteria Analysis, Vulnerability, Analytic Hierarchy Process.

## 1. INTRODUÇÃO

O Parque Estadual Cachoeira da Fumaça (PECF) possui área aproximada de 162,50 hectares, situando-se nos municípios de Alegre e Ibitirama, no Sul do Estado do Espírito Santo. Entre os atrativos turísticos do parque, tem-se a Cachoeira da Fumaça, que possui queda de água de 144 metros de altitude. Se insere no bioma da Mata Atlântica, motivo pelo qual foi transformado em Unidade de Conservação (SANCHES, 2012).

De acordo com Sistema Nacional de unidade de Conservação (SNUC), Lei N° 9.985/2.000, as Unidades de conservação (UC) são definidas como meios ao qual se aplicam garantias adequadas de conservação, restauração e recuperação da biodiversidade. São divididas em dois grupos, as de uso sustentável, onde é permitido o uso direto e indireto dos recursos, e as de proteção integral, onde é permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais. Neste grupo de conservação é que se encaixam os Parques Nacionais (ou Estaduais e Naturais Municipais quando criados pelo Estado ou pelo município, respectivamente), que são áreas de domínio público e possuem o objetivo básico de preservar ecossistemas naturais de relevância ecológica e beleza cênica, e onde pesquisas científicas,

atividades de educação ambiental e turismo ecológico são permitidos desde que estejam definidos em zoneamento e estabelecidos no Plano de Manejo da unidade de conservação (BRASIL, 2000).

Ainda segundo o autor acima, o zoneamento é a definição de setores ou zonas, em unidades de conservação, de acordo com o plano de manejo e é fundamental para que os objetivos da unidade sejam alcançados de forma eficaz.

Uma das técnicas que tem sido utilizadas para o zoneamento de áreas é a Análise Multicritério, que segundo Januzzi et al. (2009) é uma técnica quali-quantitativa que permite que a decisão tenha como base vários critérios considerados importantes para o problema em questão, tendo como propósito auxiliar pessoas ou organizações em situações em que é necessário identificar prioridades de acordo com vários aspectos e ao mesmo tempo.

Sendo assim, levando-se em consideração a importância ambiental do PECF, e visando o planejamento e aprimoramento das técnicas de gestão, o presente trabalho teve como objetivo a criação de um zoneamento, visando oferecer aos gestores uma ferramenta para tomada de decisões relativas à alocação de áreas propícias à conservação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça (Figura 1) está compreendido entre as coordenadas E = 227500 m e 229400 m e N = 7717700 m e 7715800 m, e localiza-se na região Sul do Estado Espírito Santo.

O clima da região é caracterizado como Tropical Chuvoso (Aw), com temperatura média anual abaixo de 15°C e precipitação média anual de 1700 mm (KÖPPEN, 1948).

### 2.1 Material

Foram utilizados a Ortofoto do ES, compatíveis com a escala 1:15.000 (IEMA, 2007), mapa de curvas de nível na escala de 1:50.000 obtido do Geobases, com equidistância de 20 metros. Os mapas de massa de água e uso do solo foram obtidos através da vetorização em tela sobre a ortofoto. Para o mapa de trilhas, cachoeira, acesso e estruturas do parque foi feita coleta de dados em campo, utilizando GPS diferencial.

Os softwares utilizados para a elaboração do trabalho foram o GNSS Solutions, para exportar as trilhas coletadas em campo. O software ArcGis 10 para fazer a vetorização da ortofoto, gerar o modelo digital de elevação, e os

mapas de fatores e a análise multicritério.

### 2.2 Métodos

A metodologia adotada no presente trabalho consistiu em levantamento de dados *in loco* para coleta de dados como trilhas, estruturas do parque, cachoeira e pontos de acesso. Através da vetorização da ortofoto foi possível a geração dos mapas de massa de água e uso dos solos, e através da interpolação das curvas de nível utilizando a função “*topo to raster*” no software ArcGIS 10, juntamente com dados de hidrografia e pontos cotados, gerou-se o mapa de declividade. Após todos os mapas serem gerados, foi feita a normalização desses mapas para geração dos mapas de fatores, utilizando a lógica *fuzzy*, através da aplicação de funções de pertinência. Todas as informações foram transformadas em *raster*, com resolução espacial de 50 metros. O mapa final foi gerado através da combinação de todos os fatores, utilizando a análise multicritério.

A análise multicritério vem sendo utilizada por vários autores (CUNHA et al., 2001; CALIJURI et al., 2002; ZAMBON et al., 2005; CAIXETA et al., 2012; FRANCO et al., 2013), nas mais diversas áreas de conhecimento, a fim de avaliar a favorabilidade ou adequabilidade de áreas a empreendimentos. Assim, este trabalho utilizou essa metodologia para geração de mapa de zoneamento, combinando análise multicritério, AHP e lógica *fuzzy*.

Inicialmente foi definido o objetivo de uso da terra para promover melhor adequação de cada área aos meios de utilização. Por se tratar de uma UC de proteção integral é indispensável que o zoneamento busque áreas de maior fragilidade para serem conservadas. Posteriormente, foram definidos fatores para determinar a melhor alocação das áreas de conservação.

Dessa forma sete fatores foram definidos para produzir os mapas de adequabilidade. Os fatores relevantes para avaliação dos aspectos conservacionistas seguiram a prioridade que foi definida a partir do AHP da seguinte forma: cobertura vegetal, trilha, estruturas, cachoeira e massa de água com mesmo grau de relevância, em seguida a declividade e acesso. A definição de cada fator está relacionada ao grau de aptidão de determinadas áreas a conservação, levando em consideração sua real importância

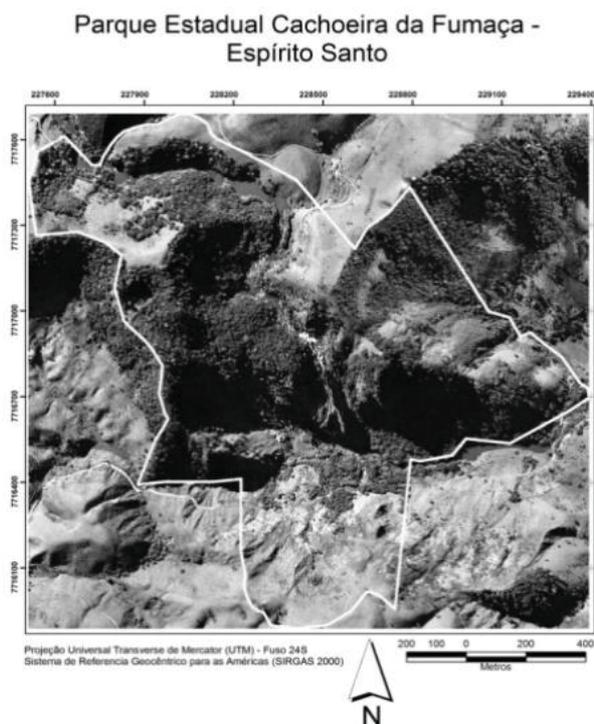


Fig. 1 - Localização da área de estudo representada através de ortofoto. Fonte: Adaptado de IEMA, 2007.

e adequabilidade para atingir o objetivo.

### 2.2.1 Fatores utilizados

De acordo com Benda *et al.* (2012) a tomada de decisão na análise multicritério é feita baseando-se nas possíveis variáveis de serem medidas e avaliadas. Os critérios utilizados podem ser restrição ou fatores, sendo que um fator é um critério que realça ou atenua a adequabilidade da alternativa específica, e define áreas ou alternativas em termos de uma medida contínua de adequabilidade que varia de 0 a 255, definindo um grau de aptidão para o local. Já as restrições são limitadoras de alternativas.

Os fatores utilizados são definidos a seguir:

- O mapa de uso do solo é fundamental para análise de áreas ideais para o ecoturismo e indica como está a ocupação e o uso do solo no PECEP. Através deste mapa foi possível delimitar áreas de pastagem, Estádio avançado, intermediário, e área de regeneração em estágio inicial de sucessão ecológica, além de macega. Este mapa foi obtido através de fotointerpretação.

- O mapa de trilhas foi gerado através dos dados coletados em campo com aparelho GPS. Para geração do fator trilhas, considerou-se que quanto mais perto das trilhas, maior a necessidade de conservação, devido ao pisoteamento que os visitantes causam na área, compactando o solo, além de impactos na fauna.

- Os mapas de estruturas do parque indicam as estruturas físicas adequadas para receber visitantes, e é essencial para a UC, pois proporciona segurança e fornece informações para que as atividades desenvolvidas no parque sejam planejadas, causem menor impacto e contribuam para conservação dos recursos naturais. O mapa foi gerado através dos dados coletados com o GPS em campo.

- O mapa referente à cachoeira teve o mesmo procedimento para geração que o mapa de estruturas, ele indica a área do parque onde está localizada a Cachoeira da Fumaça, principal atração do parque.

- O mapa de massa de água tem como principal finalidade identificar os corpos hídricos do parque e é de fundamental importância, pois os recursos hídricos são essenciais para o ecossistema, além de abastecer o parque com água potável. Esse mapa foi gerado através de fotointerpretação.

- O mapa de declividade foi obtido através do vetor de curva de nível, adquiridos junto ao Geobases, na escala de 1:50.000 e com equidistância de 20 metros. E locais com alta declividade não foram considerados ideais para uso, por serem de grande vulnerabilidade ambiental.

- O mapa de acesso ao parque foi gerado através da coleta de dados em campo com GPS. Os pontos de acesso ao parque possuem estrutura adaptada para receber os visitantes. Caso os visitantes prefiram conhecer o parque por outros locais, podem comprometer os recursos naturais disponíveis, assim como gerar sérios impactos. O mais adequado para conservação da UC é a entrada dos turistas por pontos de acesso já estruturados, para que seja evitado o uso descontrolado.

Para análise dos fatores, utilizaram-se as funções de pertinência que de acordo com Kohagura (2007) são funções utilizadas na lógica *fuzzy*, e podem ser de cinco tipos: triangular, trapezoidal, gaussiana, cauchy, sigmoide e definida pelo usuário. A função sigmoide ou sigmoide é a função mais usada na teoria de conjuntos *fuzzy*. Segundo Calijuri e Loures (2006) a função sigmoide pode ser monotônica crescente, monotônica decrescente e simétrica.

Assim, a função de pertinência sigmoide dos conjuntos *fuzzy* foi utilizada, com seus valores variando de 0 a 255, onde os valores próximos a zero indicam as áreas consideradas menos frágeis e os valores próximos de 255 indicam áreas mais vulneráveis a degradação.

#### 2.2.1.1 Justificativas para normalização dos fatores

Todos os fatores foram normalizados com a finalidade de atribuir às suas classes, valores entre 0 e 255, a fim de permitir a comparação entre eles.

##### A) Fator Uso do solo

O mapa de uso dos solos indica os principais tipos de vegetação e o estágio de recuperação de cada uma delas, através da normalização do mesmo. Quanto mais degradada é a mata, maior a necessidade de conservação, pois a mesma é mais frágil. Esse mapa foi normalizado através de reclassificação, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1: Normalização das classes de uso do solo

Classes de uso do solo	Valor atribuído
Estádio avançado de sucessão ecológica	165
Estádio intermediário de sucessão ecológica	195
Estádio inicial de sucessão ecológica	225
Macega	200
Pastagem	255

**B) Fator Trilhas**

O mapa de trilhas indica os principais locais de caminhamento dentro do parque, e esse caminhamento gera prejuízos como compactação do solo, além de impactos na fauna, indicando assim que quanto mais próximo das trilhas, maior a necessidade de conservação. A normalização desse mapa utilizou a função *fuzzy* sigmoidal monotônica decrescente (Figura 2B). O valor é inicialmente 255 quando se está na trilha, pois são mais vulneráveis aos impactos, e a partir do distanciamento da trilha, o seu valor vai decaindo até chegar a 0.

**C) Fator Massa de água**

O mapa de massa de água, que apresenta os principais corpos hídricos do parque, tem como principal objetivo, a conservação das áreas mais próximas aos corpos hídricos. A normalização desse mapa utilizou a função *fuzzy* sigmoidal monotônica decrescente (Figura 2B), onde quanto mais próximo da massa de água, maior a necessidade de conservação por isso terá o valor mais alto, e a medida que se afasta do corpo hídrico esse valor decai até chegar a 0.

**D) Fator Declividade**

A finalidade do mapa de fator de declividade foi identificar as áreas mais íngremes, pois estas são as mais vulneráveis a processos intempéricos. A normalização desse mapa utilizou da função *fuzzy* sigmoidal monotônica crescente (Figura 2A), reclassificando todos os valores que possuíam declividade superior a 45°, pois a partir dessa inclinação os processos se agravam, até chegar a 90° que possui a mais intensa necessidade de preservação, assim priorizando a conservação nas áreas mais inclinadas.

**E) Fator Estruturas**

Os pontos de concentração turística são ambientes que sofrem maior pressão antrópica devido ao grande fluxo de pessoas, entretanto esses locais possuem estruturas planejadas para recepcionar os visitantes. Dessa forma quando o turista está nos locais com infra-estrutura a adequabilidade para conservação é máxima, mas a medida que o turista se distancia das mesmas, a adequabilidade decresce continuamente. Com isso a normalização desse mapa utilizou a função *fuzzy* sigmoidal monotônica decrescente (Figura 2B).

**F) Fator Cachoeira**

A Cachoeira da Fumaça que é a principal atração do parque e atrai muitos turistas, com isso ela precisa ser mais conservada possível. Portanto para a normalização do fator cachoeira foi atribuído valor máximo para as áreas mais próximas da cachoeira (255) e este valor decresce à medida que se distancia da cachoeira até chegar à adequabilidade mínima que ocorre no ponto mais distante da cachoeira (Figura 2B).

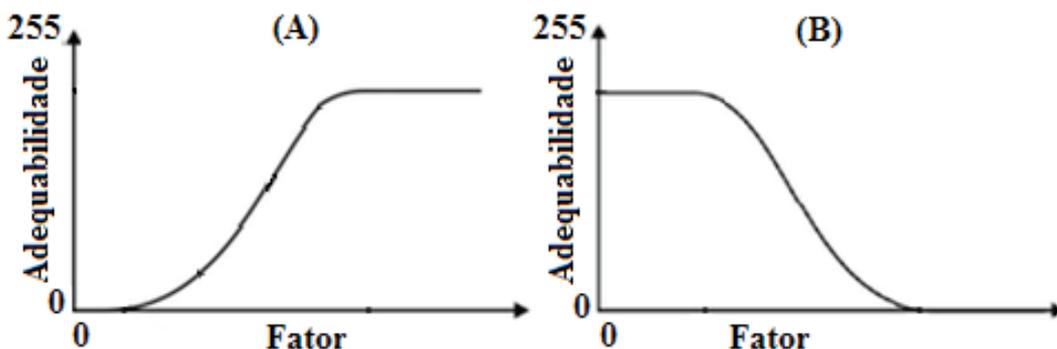


Fig. 2 – A) Função de pertinência sigmoidal monotônica crescente para padronização do fator declividade; B) Função de pertinência sigmoidal monotônica decrescente para padronização dos fatores: trilhas, massa de água, estruturas, cachoeira e acesso.

### G) Fator Acesso

Na normalização dos dados do fator acesso utilizou-se a função *fuzzy* sigmoidal monotônica decrescente (Figura 2B). Os pontos de acesso ao PECF são importantes, pois suas entradas são adaptadas para receber os turistas, logo os valores mais altos para conservação são aqueles mais próximos dos pontos de acesso sendo 255, logo possui adequabilidade alta, e à medida que se afasta dos pontos de acesso este valor decai gradativamente até 0.

#### 2.2.2 Avaliação de pesos para os Fatores

A ponderação dos fatores foi executada pelo método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que é uma metodologia oriunda dos processos de auxílio à tomada de decisão, utilizada em apoio à teoria de decisões sobre projetos, a fim de organizá-los em ordem de importância, através de critérios objetivos arbitrados por quem toma a decisão (SAATY, 2013).

Segundo Ramos (2000) não há um único método para a definição de pesos, porém várias propostas de procedimentos podem ser encontradas na literatura (VON WINTERFELTDT e EDWARDS, 1986; MALCZEWSKI, 1999).

A tomada de decisão através do AHP, contou com a consulta aos autores, para geração da matriz de comparação, dando ordem de importância aos mesmos (Tabela 1).

O produto resultante desta análise matricial foi um mapa indicativo de áreas prioritárias para conservação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados após a geração dos mapas de fatores (Figura 3) mostram como cada fator interfere no resultado do mapa final. Por exemplo, diversos mapas de fatores possuem uma alta adequabilidade para as áreas próximas à cachoeira, com isso, espera-se que no mapa final essa área possua uma alta adequabilidade.

O mapa do fator acesso possui uma baixa adequabilidade na porção leste, visto que são as localidades mais distantes dos pontos de acesso ao parque.

O mapa do fator declividade possui poucas áreas com adequabilidade alta, pois o parque não possui muitas áreas íngremes.

O mapa do fator cachoeira possui a sua maior adequabilidade na porção central, uma vez que é onde a cachoeira se localiza e com isso há uma maior quantidade de visitantes nessa região, fazendo com que haja um maior desgaste do parque nessa localidade.

No mapa do fator massa de água pode-se observar que as principais áreas com elevada adequabilidade são as próximas aos corpos hídricos, que são as áreas de maior visitação.

Para o mapa de fator estruturas, as mais altas adequabilidades estão na parte central, onde estão localizadas as estruturas de recepção aos visitantes.

O mapa do fator trilhas mostra áreas muito vulneráveis, assim, observa-se que a maior parte do parque possui alta adequabilidade quando se trata das trilhas.

A matriz de comparação apresentada na tabela 2 mostra a comparação par-a-par entre os fatores, correlacionando-os de acordo com seu peso em relação ao fator seguinte, que indica a importância relativa à adequabilidade dos pixels para a atividade que está sendo avaliada. Depois de todas as combinações possíveis entre os fatores, são calculados os autovalores da matriz de comparação, gerando os pesos mostrados na tabela 3.

O fator uso dos solos foi considerado mais importante, visto que é ele quem indica o tipo de vegetação presente em cada local. Assim, áreas em estágio inicial de regeneração ou de campo aberto estão mais vulneráveis a impactos ambientais.

Seguindo a ordem de importância, foram

Tabela 2: Matriz de comparação dos critérios escalonados (fatores)

Fator*	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1						
F2	1,2	1					
F3	1,5	1,2	1				
F4	1,5	1,5	1,2	1			
F5	1,9	1,5	1,5	1,2	1		
F6	2	1,9	1,5	1,5	1,2	1	
F7	3	2	1,9	1,5	1,5	1,2	1

\*F1 = Fator acesso; F2 = Fator declividade; F3 = Fator massa de água; F4 = Fator cachoeira; F5 = Fator estruturas; F6 = Fator trilhas; F7 = Fator uso do solo.

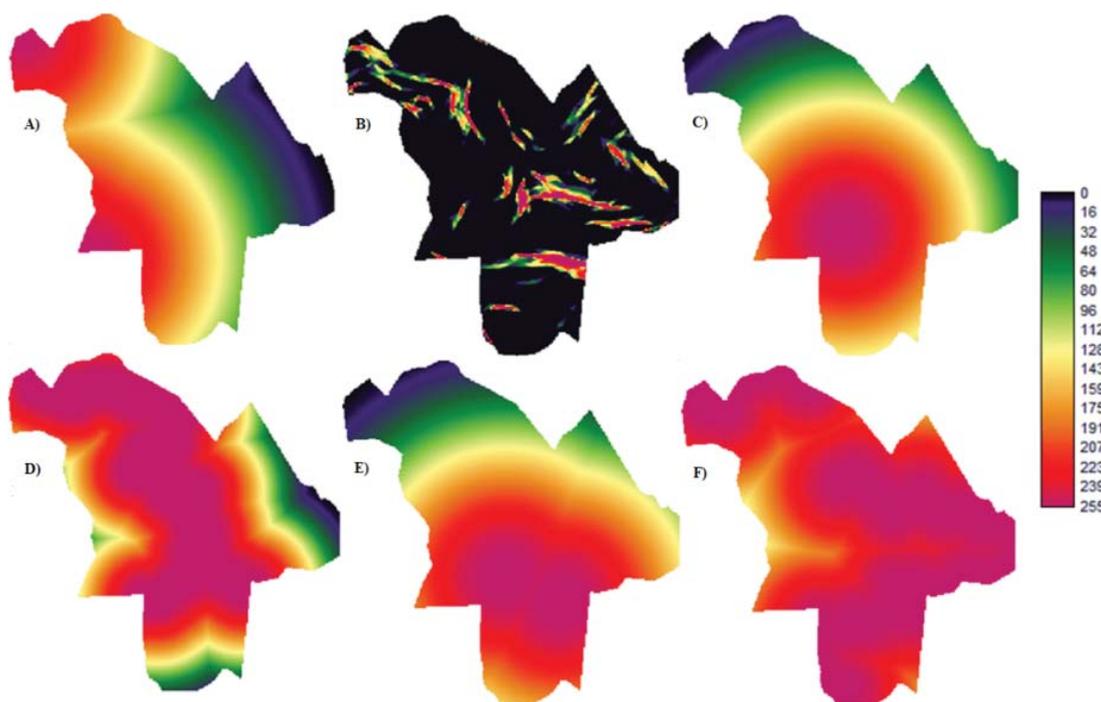


Fig. 3 – A) Mapa do fator acesso; B) Mapa do fator declividade; C) Mapa do fator cachoeira; D) Mapa do fator massa de água; E) Mapa do fator estruturas do parque; F) Mapa do fator trilhas

Tabela 3: Resultado final dos pesos calculados para os fatores

Fator	Peso
Acesso	0,0833
Slope	0,0999
Massa de água	0,1169
Cachoeira	0,1359
Estrutura	0,1577
Trilhas	0,1845
Solos	0,2218

Proporção de Consistência = 0,0000 (aceitável)

considerados os fatores trilhas e estruturas, já que são as áreas que sofrem maior pressão antrópica devido à visitação. A seguir o fator cachoeiras e massa de águas pelo fato de apresentarem grande susceptibilidade ambiental. O fator de declividade influencia pouco no caso da UC de proteção integral, visto que é proibido o uso do solo nesses ambientes e a área está bem preservada. Já o fator acesso influenciou menos, devido ao fato de que no parque, a área para acesso é bem estruturada.

Quando se analisa os fatores, percebe-se a influência do fator solos e do fator trilhas na análise, pois ambos apresentam uma importância maior, o que é caracterizado por seus pesos.

Após a combinação dos fatores, foi gerado

o mapa final utilizando a análise multicritério, através da agregação dos fatores (Figura 4), com superfície de adequabilidade variando de 0 (menos apto) a 241 (mais apto). Representando o zoneamento das áreas mais adequadas à conservação.

A partir da análise do mapa da Figura 4, é possível direcionar o planejamento de operações de controle ambiental e orientar os gestores a atentar para áreas consideradas de risco. Dessa forma, observa-se que as principais áreas propensas a medidas de conservação estão próximas à cachoeira e às estruturas do parque, devido à maior pressão antrópica exercida nesses locais, visto que são as áreas mais utilizadas do parque.

As áreas de pastagem, também apontaram maior necessidade de conservação, isso porque a pastagem está em estágio inicial de regeneração e apresenta maior vulnerabilidade, quando comparado às áreas de mata que se encontra em estágio clímax.

Com esse mapa, podem ser definidas estratégias para projetos de conservação do parque, visando dedicar maiores esforços para áreas específicas e com maior vulnerabilidade, direcionando assim o trabalho dos gestores e poupando recursos financeiros.

É essencial para o zoneamento definir

quanto é baixa e alta adequabilidade, com intuito de valorar a vulnerabilidade das áreas. Após comparação dos dados locais com o mapa gerado (Figura 4) e a ortofoto (Figura 1), definiu-se que áreas com adequabilidade acima de 180 apresentam riscos, devido à maior vulnerabilidade e que o uso dos solos nessas áreas necessita de maior planejamento, assim aproximadamente 40 ha da área necessitam de medidas que promovam a conservação.

A utilização de análise multicritério para auxiliar nas tomadas de decisões, dentro de uma UC, também foi proposta por Cuzzuol e Lima (2003), que usaram fatores de sensibilidade do solo à dissecação, sensibilidade de Escarpas, Falhas, Foliações e Recursos Hídricos e o uso das

terras, para a definição do grau de sensibilidade da Área de Proteção Ambiental (APA) Goiapaba-Açú, em Fundão-ES, com o objetivo de analisar os fenômenos naturais que funcionam como reguladores do equilíbrio morfo/pedogênico nas paisagens da região e a avaliação dos impactos antrópicos.

Outros autores tem utilizado a análise multicritério, combinada com métodos de comparação, para encontrar áreas adequadas a diversos fins, como: Calijuri et al. (2002) que estudaram áreas para implantação de aterro sanitário; Zambon et al. (2005) que utilizaram a análise multicritério para localização de usinas termoelétricas; Caixeta et al. (2012) que mapearam as áreas susceptíveis a movimentos

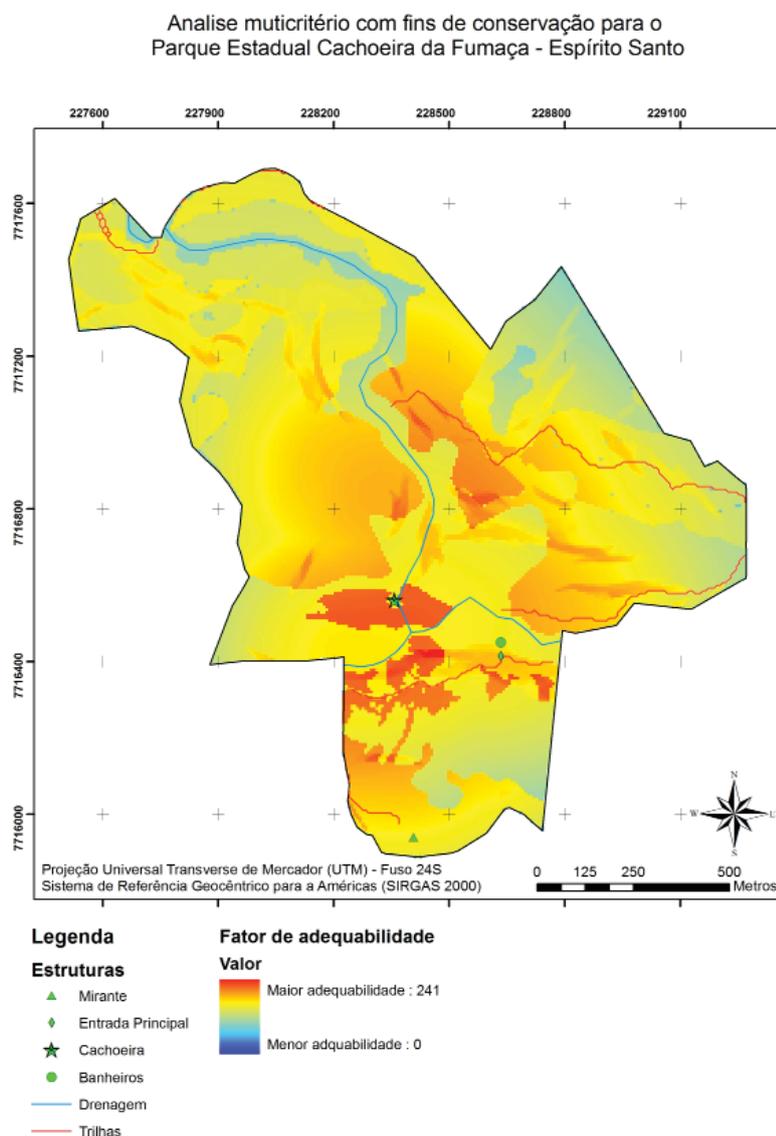


Fig. 4 - Mapa da análise multicritério com fins de conservação, indicando as áreas mais aptas a projetos de conservação.

de massa; e Franco et al. (2013) que estudaram as áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente.

#### **4. CONCLUSÃO**

A aplicação da análise multicritério aliada a boa base de dados se mostrou bastante eficaz para promover o zoneamento no PECF. O método apresentou resultados satisfatórios na geração de mapas temáticos e facilitou a ponderação dos fatores considerados importantes para o zoneamento, indicando as áreas com maior vulnerabilidade à degradação.

A interação e a influência de cada fator no zoneamento são dependentes do objetivo proposto pelos gestores da unidade e contribuem para a produção do plano de manejo.

Devido à facilidade de acesso no interior de parque e o grande fluxo de visitantes, há uma maior pressão antrópica nas áreas com estruturas, necessitando assim, de projetos mais intensos de conservação, como observado no mapa da Figura 4.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pelo financiamento do trabalho e pelas bolsas concedidas, aos gestores do Parque Estadual Cachoeira da Fumaça (PECF), pela contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa e a Universidade Federal do Espírito Santo, por disponibilizar a sua infraestrutura para o processamento dos dados.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BENDA, F.; ALVES, M. da G.; OLIVEIRA, C. H. R. de. Favorabilidade de áreas para implantação de aterros controlados no município de Campos de Goytacazes/RJ utilizando sistemas de informação geográfica. **Revista Brasileira de Cartografia** (online), v. 64/1, p. 33-44, 2012.

BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII, da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da República do Brasil**. 19 de julho de 2000. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 01 jan. 2014.

CAIXETA, P. R. C.; PIMENTA, D. F. N.; AMARAL, R. V. do; SCHAEFER, C. E. Análise multi-critério (MCE) aplicada ao mapeamento de áreas susceptíveis a movimentos de massas na área urbana de Viçosa-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 9, 2012, Recife. **Anais...Recife-PE**: 2012. p. 1-9.

CALIJURI, M. L.; MELO, A. L. O; LORENTZ, J. F. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão. **Revista de Informática Pública**. Belo Horizonte-MG: v. 4, n. 2, p. 23-250, 2002.

CALIJURI, M. L.; LOURES, S. S. P. **Análise Estratégica de Decisão**. Viçosa: Editora UFV. 2006. 56 p.

CUNHA, E. R. S. P. da; OLIVEIRA, M. V. de; SILVA, F. R. M. da. Utilização da técnica de processo analítico hierárquico (AHP) na avaliação da “favorabilidade” para a prospecção mineral de cromo na região de Pinheiros Altos, município de Piranga, MG, Brasil. **Rem: Revista Escola de Minas** [online], Ouro Preto-MG: v. 54, n. 2, p. 127-132. 2001.

CUZZUOL, M. G. T.; LIMA, R. N. **Análise da Sensibilidade Física da Área de Proteção Ambiental do Goiapaba-Açú (Fundão-ES): subsídios ao zoneamento ambiental**. Santa Teresa: Natureza online, p. 28-36, 2003.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; MORAES, J. F. L. de. O uso da análise multicritério para a definição de áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente (APP), no noroeste paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais... Foz do Iguaçu-PR**: 2013. 3366-3373.

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Ortofoto Mosaico cedido pelo IEMA**. Vitória (ES), 2007. 06 Ortofotos.

JANUZZI, P. de M.; MIRANDA, W. L. de.; SILVA, D. S. G. da. Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos Metodológicos, Aplicativo Operacional e Aplicações. **Revista Informática Pública**: v. 1, p. 69-87, 2009.

KOHAGURA, Tiago. **Lógica fuzzy e suas**

- aplicações.** 2007. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Ciência da Computação), Universidade Federal de Londrina, Londrina, 2007. 61 p.
- KÖPPEN, W. Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra. México: **Fondo de Cultura Economica**, 1948, 478p.
- MALCZEWSKI, J. (1999). **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley & Sons, New York. 392 p.
- RAMOS, R. A. R. **Localização Industrial – Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal**. 2000. Tese de doutorado, Universidade do Minho, Braga – Portugal. 299p.
- SAATY, T. L; VARGAS. L. G. **Decision Making with the Analytic Network Process: An Innovative Orders-of-Magnitude Approach to AHP-Based Multicriteria Decision Making: Prioritizing Divergent Intangible Humane Acts**. International Series in Operations Research & Management Science. Nova York, 195, 319-343, 2013.
- SANCHES, J. Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça. **Revista ES Brasil**. Vitória: Next Editorial n. 82, mai. 2012. 2 p.
- VON WINTERFELDT, D.; EDWARDS, W. (1986). **Decision Analysis and Behavioural Research**. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- ZAMBON, K. L. CARNEIRO, A. A. de F. M .; SILVA, A. N. R. da. NEGRI, J. C. **Pesquisa Operacional**, São José dos Campos-SP: v. 25, n. 2, p.183-199, 2005.