

Zoneamento de áreas potenciais para reflorestamento via lógica *Fuzzy* e AHP

Luciano Melo Coutinho

Centro Universitário São Camilo-ES – USC
Rua São Camilo de Lellis, 01 – 29.304-910 – Cachoeiro de Itapemirim-ES, Brasil
lncoutinho@hotmail.com

Abstract - The forest resources are of great environmental and ecological significance, which justifies the adoption of measures aimed at their conservation and management. This work consisted of identifying sections with potential for reforestation in the watershed of Stream Itabira (Itapemirim-ES). The decision process was structured environment of Geographic Information System (GIS) through the steps of mapping and close relationship of natural and land use elements, followed by the cross and to give importance to the criteria by Fuzzy Inference (Analytic Hierarchy Process - AHP). Two decision-making processes were simulated, with the differentiating factor: the inclusion of water resources (P1) and the exclusion of water resources (P2). It was found that the area presents environmental fragility, especially the advancement of agriculture and urbanization, factors that affect water resources and contribute to fragmentation and suppression of native vegetation. Given the spatial and pairwise comparison of factors of interest was possible to identify areas of lesser influence of elements anthropic and better relationship with favorable vegetation recovery factors, followed by the thematic classification fitness for reforestation.

Keywords: land use, natural factors, paired comparison, decision-making process.

Introdução

As coberturas florestais, sejam nativas ou plantadas, são recursos de inestimável importância ambiental, ecológica e de sustentabilidade. Diversos grupos sociais tiram das florestas seu sustento de forma direta (madeira, frutos, sementes, óleos e mudas) e indireta (turismo). No contexto da modelagem interna das bacias hidrográficas as florestas propiciam o equilíbrio dos processos hidrológicos (infiltração, escoamento e deflúvio), geomorfológicos (intemperismo, erosão e sedimentação), e contribuem para estabilidade de encostas e vertentes. Interação diretamente com os recursos hídricos, a atmosfera e os solos, sendo de inestimável importância ambiental para manutenção de aquíferos, controle de umidade pela evapotranspiração e proteção do solo contra os agentes erosivos. Representam o principal abrigo para a vida selvagem, propiciando a manutenção de suas atividades vitais e funções ecológicas (Lima et al., 2009; Rodrigues e Nascimento, 2006).

No Brasil nota-se o avanço acelerado e desordenado da agropecuária e da urbanização, identificados como principais responsáveis pela fragmentação e supressão das áreas de florestas nativas. Em consequência do modelo atual de desenvolvimento, associado à intensificação do poder humano de modificar paisagens, a ocupação de áreas e a exploração de seus recursos nem sempre adota critérios pautados na sustentabilidade ambiental, resultando em impactos negativos (Jesus e Rolim, 2005; Rodrigues e Nascimento, 2006).

A escolha de áreas para reflorestamento se relaciona à tomada de decisão, que pode incorporar as opiniões de consultores em um mesmo processo decisório. Os procedimentos podem adotar Operações Booleanas (sobreposição e combinação estática dos fatores) e Combinações Lineares Ponderadas (diferentes alternativas e regras compensatórias para um mesmo problema). Os resultados podem variar em função das incertezas do processo e dos componentes adotados, e ainda por sua representação na forma de critérios, prioridades e pesos (Borges, 2009; Valente e Vettorazzi, 2009).

Pesquisas baseadas em processos decisórios devem adotar sequências lógicas de procedimentos, incluindo a definição e delimitação criteriosa da área, abordagem de análise, identificação e delimitação dos fatores de interesse, sejam estes em função de riscos ou benefícios potenciais. Os fatores observados representam incertezas do processo de decisão, os quais podem ser definidos quanto a mudanças locais ou globais, meio físico, meio biótico,

degradação ambiental e ações antrópicas. A solução do problema será resultado da eficiência dos critérios e dos procedimentos adotados (Borges, 2009; Valente e Vettorazzi, 2009).

A lógica *Fuzzy* é um procedimento de análise multicriterial (AMC) a partir da qual diversos fatores podem ser confrontados, promovendo a análise do processo como um todo. A simples álgebra dos fatores pode gerar uma distribuição simplificada, arriscando-se a uma representação de pouca confiança. Diante tal possibilidade são atribuídos pesos aos fatores, consistindo uma distribuição ideal, onde fatores inexatos tornam-se informações confiáveis por redução de propagação de erros. A distribuição de pesos pode ser realizada por adequação matricial via *Analytic Hierarchy Proces* (AHP) ou Processo Analítico Hierárquico (Gonçalves e Araújo, 2013; Ruhoff et al., 2005, Silva Júnior et al., 2013).

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é a categoria de *softwares* dotados de projeção cartográfica e que permitem a visualização, tratamento, atualização e armazenamento de dados espaciais digitais georeferenciados (dotados de projeção cartográfica). Os dados podem ser em formato vetorial (pontos, linhas e polígonos), *raster* (matricial) e imagens de sensoriamento remoto de diferentes níveis de aquisição. Os aplicativos e algoritmos de SIG podem realizar cruzamento de dados, análises complexas, simulações e previsões. Devido as possibilidade de usos e aplicações de SIG, estas ferramentas são adotadas para estudos em diversos segmentos (Gonçalves e Araújo, 2013; Santos, 2007; Silveira et al., 2008).

Este trabalho tem por objetivo identificar áreas potenciais para reflorestamento na bacia do Córrego Itabira (ES). Em ambiente SIG procedeu-se o mapeamento do uso do solo e processos decisórios (lógica *Fuzzy* e AHP). Contribui com subsídios e procedimentos para geração e tratamento de dados espaciais, tomadas de decisão e gestão da área.

Material e Métodos

A bacia hidrográfica do Córrego Itabira (BHCI) está localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, sul do Estado do Espírito Santo. Sua área é de 3,77 km² com variações de altitude entre 35m a 600m, com destaque ao Monumento Natural do Itabira (Lei 6177/2008). O clima é do tipo Aw pela classificação climática de Köppen, quente e úmido com chuvas de verão e inverno seco, precipitação anual entre 1500 e 2000mm,

Conforme os levantamentos da PMCI (2001) a cobertura vegetal original se inclui no Domínio Atlântico, com ocorrências de Floresta Ombrófila Densa Submontana nas faixas de altitude até 500m, Floresta Ombrófila Densa Montana acima de 500m, vegetação rupestre em afloramentos rochosos, brejos herbáceos em porções baixas e úmidas e ocorrências aleatórias de sistemas secundários em diferentes estágios de regeneração (inicial, médio e avançado). A litologia consiste de solos residuais em camadas rasas sobre rochas e afloramentos rochosos (cabeceiras), camadas espessas (sentido centro a jusante) e solos deposicionais nas porções mais baixas e planas.

Os elementos cartográficos utilizados foram hidrografia e altimetria de mapeamento do IBGE (Folha SF-24-V-A-V-4, Escala 1: 50000). As formas de uso do solo foram vetorizadas a partir do ortofotomosaico do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo (IEMA), originais do aerolevanteamento de 2007 e 2008, com imagens de resolução espacial de 1m x 1m e Padrão de Exatidão Cartográfica classe A.

O aplicativo *SyncArcGE* permitiu a sincronia entre o ambiente de SIG (*ArcMap*) e o *software Google Earth* (que permite a visualização de imagens *MS-Geo Eye 1* - resolução espacial de 0,5m x 0,5m), conforme a metodologia discutida por Motta (2008). O uso das diferentes imagens contribuiu para definição e vetorização dos alvos.

A representação do relevo consistiu da interpolação de curvas de nível pelo recurso *Topo to Raster*, com suporte de hidrografia mapeada para indicação dos fundos de vales (*Stream*). O pós-processamento do MDE adotou a eliminação de depressões espúrias por filtragem (*Fill*), obtendo-se um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC).

A declividade da área foi representada tematicamente pelo grau de inclinação (*3D Analyst – Surface Analysis – Slope – Degree*), seguido da identificação das áreas de declividade igual e superior a 45° (45 graus) e convertidas para vetor (*Convert – Raster to Features*). Estes procedimentos seguem a metodologia de Gonçalves e Araújo (2013) e Santos (2007).

Para avaliação da confiança das aerofotos procedeu-se a confrontação entre coordenadas de alvos das imagens (vetorização de pontos) e de receptor de GPS (identificados *in loco*). A partir das imagens foram gerados 20 pontos de trevos de rodovias, seguido da verificação em campo das coordenadas destes alvos por GPS. As discrepâncias entre coordenadas foram avaliadas por Erro Médio Quadrático (RMS), conforme as metodologias de Pinheiro (2006) e Santos et al. (2008).

A tomada de decisão adotou a identificação e ordenamento de fatores (critérios) que interferem na tomada de decisão, incluindo observações de ocorrências naturais e/ou antrópicas (Borges, 2009; Lima et al., 2011), sendo:

- equipamentos urbanos: foram incluídas rodovias, edificações isoladas e aglomerações, pois causam redução e supressão de florestas, representam riscos de incêndios (transportes e redes elétricas) e contaminação (resíduos e efluentes). Quando a expansão urbana ocorre de forma desordenada aumentam os riscos de supressão de vegetação nativa.
- agricultura: para sua implantação é necessária a retirada da vegetação natural, além de oferecem riscos ao solo e água por contaminação, salinização e perdas de nutrientes dos solos.
- pastagem: oferecem riscos pela grande área necessária, contribuindo para supressão de vegetação nativa, além dos riscos de erosão e presença de animais domésticos. Deve-se considerar que os usos agrícolas e pecuários s podem ocasionar a desvalorização das terras, favorecendo a intensificação das atividades urbanas.
- declividade ($\geq 45^\circ$): representa maior risco de erosão e deve ser destinada a preservação (APP) conforme preconiza a legislação (Código Florestal Brasileiro - Lei 4771/1965 revogada pela Lei 12.651/2012).
- hidrografia: recurso indispensável e para manutenção de diversas atividades, além de favorecem a umidade e conexão florestal por migração de fauna e dispersão vegetal.
- vegetação nativa: favorecem a regeneração natural e adaptação da vegetação introduzida, pois contribuem para o desempenho das funções fisiológicas e ambientais da vegetação.

O cruzamento das informações se pautou na espacialização de cada fator pela relação de proximidade dos objetos por unidades de comprimento pré-determinadas (*Spatial Analyst - Distance*). Entende-se que a proximidade dos fatores representa maior risco ou vulnerabilidade, o que pode diminuir gradativamente com o aumento da distancia. Em seguida procedeu-se a adequação dos mapas de distância pelo escalonamento comum dos valores (*Reclassify*) entre 0 a 255 bytes, o que reduz possíveis subjetividades ou exageros ocasionados pelos valores originais a partir dos fatores.

Os fatores foram ordenados para comparação pareada por lógica *Fuzzy*, que consiste do ordenamento matricial dos fatores, considerando a sua relevância no processo em uma escala de 1 a 9 (Tabela 1) onde os fatores são comparados dois a dois. Os intervalos que não constam na matriz (2, 4, 6 e 8) são os valores intermediários entre os julgamentos.

Tabela 1. Julgamento dos fatores de risco por comparação pareada (*Fuzzy*)

Categoria	A	B	C	D	E	Definição
A	1	-	-	-	-	Importância igual
B	3	1	-	-	-	Importância moderada
C	5	3	1	-	-	Importância essencial
D	7	5	3	1	-	Importância demonstrada
E	9	7	5	3	1	Importância extrema

No topo da matriz está o fator de menor importância (menor interação = menor peso) e na base o fator de maior importância (interação total = maior peso). O espaço de referência é distribuído entre 0 e 1 (ou 0% e 100%), onde a normalização rigorosa elimina subjetividades do julgamento. A precisão matemática do processo permite atribuição de pesos aos fatores e a confiabilidade ou não do ordenamento se confirma quando a “razão de consistência” (RC) for inferior a 0,1 ou 10% (Borges, 2009).

Foram realizados dois procedimentos de cruzamento de dados, sendo P1 o cruzamento de todos os fatores do processo decisório e P2 com a exclusão dos recursos hídricos, pautado nos procedimentos e resultados discorridos por Silveira et al. (2008) e Valente e Vettorazzi (2009). A sequência de procedimentos e métodos é representada na Figura 1.

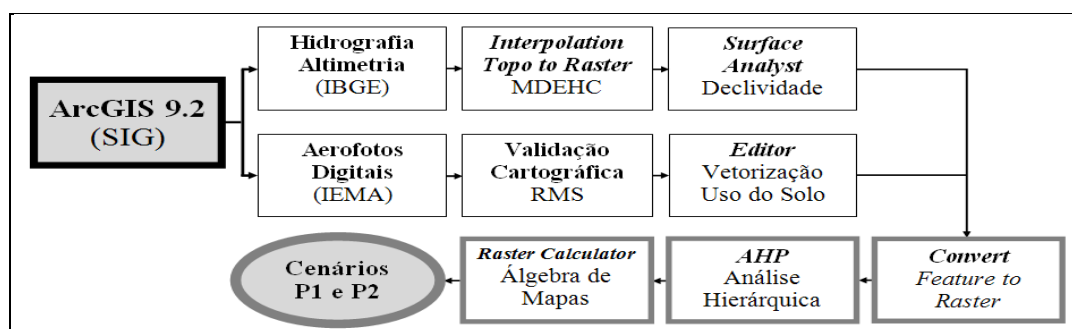


Figura 1. Fluxograma de métodos e procedimentos.

Resultados e Discussão

Os recursos de SIG permitiram a localização da área de estudos (Figura 2-A), assim como o mapeamento de uso do solo (2-B) pela sincronia entre aerofotos e imagens orbitais. A alta resolução espacial das imagens foi significativa para a vetorização dos alvos.

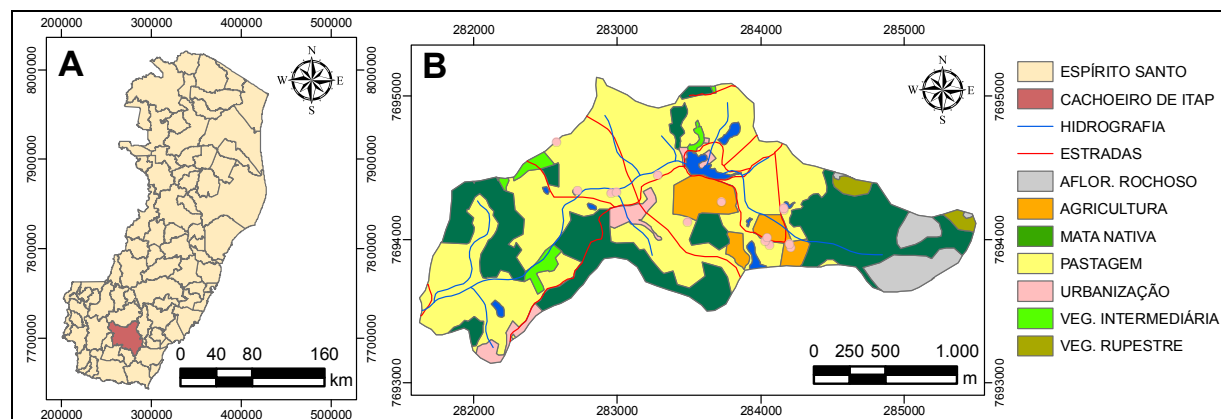


Figura 2. Localização política (A) e uso do solo (B) da BHCI.

Diversos trabalhos corroboram com os procedimentos adotados e comparação com os resultados obtidos na avaliação da BHCI via lógica Fuzzy. De acordo com Berger et al. (2007), ao avaliar a vulnerabilidade da RPPN Cafundó (Cachoeiro de Itapemirim-ES), as pastagens e as culturas agrícolas representam os maiores riscos a esta reserva, devido a extensa área de ocupação, pela proximidade da reserva e pelas práticas de queimadas. Borges (2009) utilizou o Método Analítico Hierárquico (AHP) para avaliação de riscos de incêndios em florestas plantadas no norte do Estado do Espírito Santo, analisando fatores permanentes (uso do solo e declividade) e fatores variáveis (temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e ventos). Lima et al. (2011) delimitaram área prioritária para unidade de conservação e zona de amortecimento na Serra das Carrancas (MG) a partir da espacialização

e cruzamento de elementos de vulnerabilidade biótica e abiótica. Silveira et al. (2008) utilizaram Avaliação Multicriterial (AMC) para identificação de riscos de incêndios florestais na bacia do Rio Corumbataí (SP). Valente e Vettorazi (2009) adotaram AMC (método exploratório, avaliação de Monte Carlo e AHP) para identificação de áreas com potencial para conservação florestal na bacia do rio Corumbataí (SP).

A partir do procedimento de avaliação de confiança das imagens, verificou-se que sua qualidade posicional corresponde ao PEC classificação A. Os pontos da imagem foram confrontados com os pontos de GPS por polinômio de 3° grau, obtendo-se baixo valor de RMS (1,325). Este procedimento foi utilizado por Santos et al. (2008) pela confrontação de 24 pontos amostrais (GPS e carta 1: 2000), obtendo PEC classe B devido à influência de tendência observada nas coordenadas E (longitudinais). Pinheiro (2006) comparou pontos extraídos de diferentes MDE e pontos controle de GPS, identificando valores de RMS de 7m (MDE original de SRTM) e de 26,8m (MDE originado de carta topográfica).

Os resultados do mapeamento são considerados a contento (Tabela 2), pois possibilitou a distinção e mensuração de fatores naturais e antrópicos. A maior ocorrência espacial na área são as pastagens (53,58%), que somadas às demais formas de intervenções humanas, agricultura (5,04%) e urbanização (3,98%), representam 62,6% da bacia, indicando alto índice de intervenção. Os remanescentes de florestas nativas são a segunda maior ocorrência (27,85%), seguido de vegetação rupestre em solos rasos de afloramentos rochosos (1,33%). Gonçalves e Araújo (2013) identificaram o predomínio da categoria de pastagem (52,8%) na bacia do Rio Santo Anastácio (SP).

Tabela 2: Mapeamento e mensuração das formas de uso do solo da BHCI.

Classe	Área (km ²)	Área (%)
Afloramento rochoso	0,18	4,77
Agricultura	0,19	5,04
Hidrografia	0,06	1,59
Mata nativa	1,05	27,85
Pastagem	2,02	53,58
Urbanização	0,15	3,98
Vegetação intermediária	0,07	1,86
Vegetação rupestre	0,05	1,33
Total	3,77	100,00

A partir da interpolação das curvas de nível (MDEHC) foi possível identificar a distribuição da declividade, seguido da seleção de áreas de declividade acentuada ($\geq 45^\circ$ de inclinação), as quais abrangem uma área de 0,09km². Silva Júnior et al. (2013) utilizou a lógica Fuzzy para avaliação de áreas de suscetibilidade a deslizamentos da bacia do Rio Anil (São Luís-MA), adotando dados de relevo como critérios de análise, sendo a declividade o fator de maior peso no ordenamento matricial (0,40198).

Na Figura 3 se encontram os mapas de distâncias re-escalados a partir dos fatores considerados. Berger et al. (2007) destacam a importância da padronização dos valores para uma mesma escala (0 a 255), mesmo que dentro de uma mesma área, para fins de comparação. Desta forma, apesar das diferentes localizações, os diferentes mapas são, em um mesmo processo, dotados de valores comuns de distâncias. Assim, a influência do fator no processo será influenciado por sua espacialização, não pelos valores brutos das distâncias.

O ordenamento e atribuição dos pesos aos fatores de risco pela lógica *Fuzzy* - AHP consistiu um procedimento confiável em função da precisão matemática, onde a atribuição de pesos aos critérios (Tabela 3) eliminou as subjetividades comuns de operações estáticas.

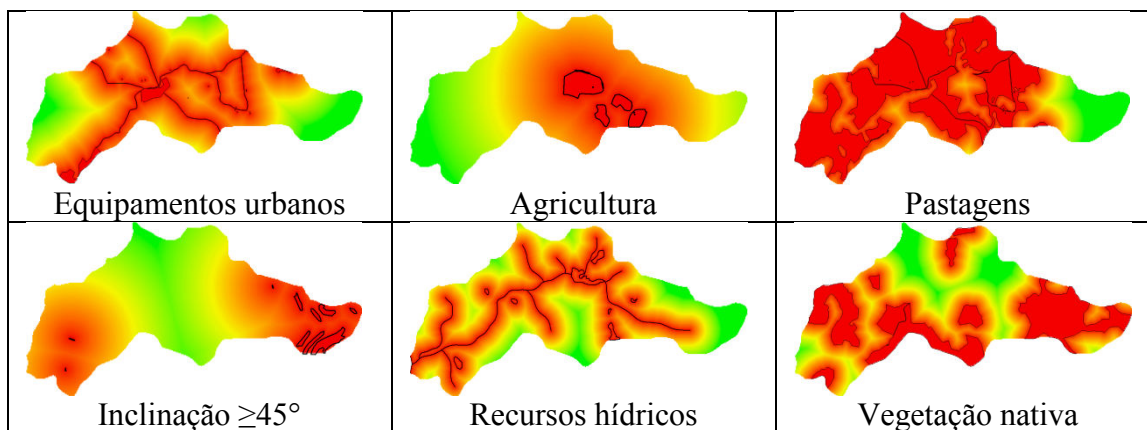


Figura 3. Espacialização dos fatores da Análise Multicriterial (AMC) para BHCI.

Tabela 3: Ordenamento e julgamento dos critérios da BHCI

Critério	P1		P2	
	Julgamento	Peso	Julgamento	Peso
Equip. Urbanos	1	0,0241	1	0,0333
Agricultura	3	0,0401	3	0,0634
Pastagem	5	0,0740	5	0,1290
Declividade $\geq 45^\circ$	7	0,1405	7	0,2615
Hidrografia	8	0,2589	-	-
Vegetação	9	0,4625	9	0,5128
RC	-	0,0775	-	0,0530

Nos ordenamentos matriciais foram obtidas razões de consistência 0,0775 (P1) e 0,0530 (P2), ambas aceitáveis por estarem nos limites dos padrões predeterminados para este tipo de operação, ou seja, são inferiores a 0,1 ou 10%. Considerando que o cenário P1 adotou os recursos hídricos, esta matriz foi composta por seis (6) fatores, sendo necessária a inclusão de valor intermediário (8), aumentando o valor da RC. A exclusão da hidrografia no cenário P2 permitiu o ordenamento original da matriz, sem inclusão de valor intermediário, resultando em um menor valor de RC. De acordo com Jesen (1984), citado por Borges (2009), ao se forçar os dados para adequações da matriz o processo pode ficar comprometido por responder apenas ao rigor matemático e não à realidade espacial.

Os equipamentos urbanos foram definidos como de menor prioridade, pois oferecem os maiores riscos a vegetação, seja por plantio ou regeneração. Agricultura e pastagens oferecem riscos similares, com diferenças sutis entre as formas de manejo, o que levou a adoção do critério por área ocupada e proximidade, sendo a agricultura entendida como menor risco. Estes três fatores representam as menores prioridades do processo por representarem intervenções e mudanças antrópicas, ofertando maiores riscos às florestas.

Os demais fatores são característicos de meio físico (declividade, hidrografia e vegetação), os quais podem oferecer menores riscos ou serem favoráveis aos reflorestamentos. A declividade acentuada foi considerada de menor risco em função da localização (nos mesmos trechos de intrusão rochosa e distante da urbanização) e pela não ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa nesta bacia. Deve-se ainda considerar a obrigatoriedade de isolamento destas áreas para preservação, conforme preconiza a legislação.

A hidrografia foi adotada na primeira análise (P1), tendo em vista que é favorável para recuperação florestal devido à umidade dos solos e proximidade de remanescentes de vegetação nativa. Na segunda análise (P2) a hidrografia não foi inserida considerando: (i) que os recursos hídricos influenciam a proximidade e as ações antrópicas; e (ii) os riscos de superestimativa deste fator para o processo devido a sua extensão linear e proximidade dos

fragmentos de vegetação nativa. De acordo com Valente e Vettorazzi (2009) os corpos hídricos devem ser eliminados de certos processos decisórios, pois a proximidade destes pode, erroneamente, adquirir maior prioridade. Os recursos hídricos são atrativos das formas de uso e ocupação do solo que propiciam o desmatamento, principalmente agropecuária, e a distribuição dos canais pode incluir grandes áreas desprovidas de florestas ciliares.

A vegetação nativa teve os maiores pesos nos dois processos, o que se justifica pela composição biogeográfica dos remanescentes florestais e localização em solos de maior profundidade. Os fragmentos florestais favorecem as práticas de reflorestamento, pois propiciam a conservação de biodiversidade e a conectividade entre fragmentos, promovendo as interconexões entre suas populações.

Desconsiderou-se da análise as áreas de vegetação rupestre, por ocorrer nas porções declivosas e de solos rasos, e as áreas de vegetação intermediária (pastos sujos e culturas abandonadas), por oferecerem riscos de espécies invasoras e devido à lenta recuperação verificada, o que pode se justificar por solos rasos. A reabilitação destas áreas pode requerer práticas de manejo específicas e mais onerosas.

Os resultados dos procedimentos de identificação de áreas prioritárias para reflorestamento podem ser verificados na Figura 4-A (P1) e 4-B (P2). Para distinção das áreas de maior ou menor aptidão adotou-se a classificação temática dos produtos finais conforme o nível de prioridade em Altíssima, Alta, Média, Baixa e Menor (Lima et al., 2009).

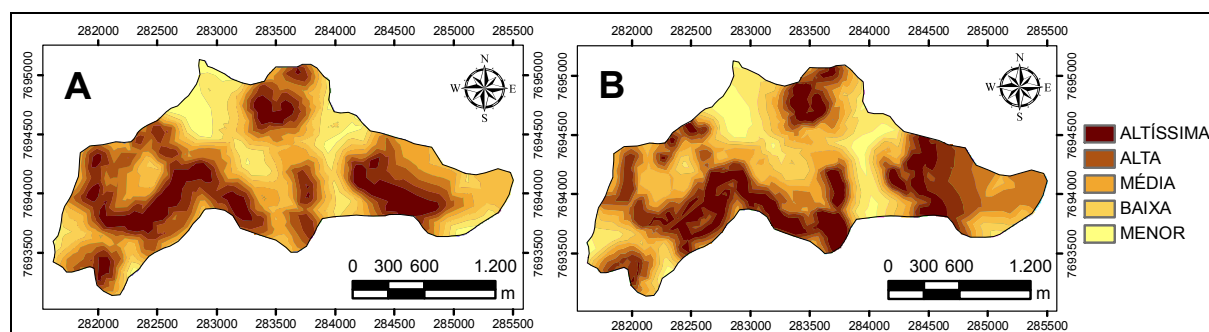


Figura 4. Cenários de potencial para reflorestamento da BHCI (P1-A e P2-B).

Os menores pesos dos equipamentos urbanos (P1: 0,0241 e P2: 0,0333) resultaram em desvalorização de áreas ao centro da bacia e em conformidade com o segmento das estradas, devido à proximidade destas últimas com as outras atividades antrópicas (agricultura e pastagens). As áreas de maior prioridade, mais escuras, apresentam conformidade com os critérios favoráveis à recuperação, com destaque dos maiores pesos atribuídos à classe de cobertura vegetal (P1: 0,4625 e P2: 0,5128). As seleções de áreas para reflorestamento devem evitar a proximidade de elementos antrópicos e valorizar áreas de remanescentes de vegetação nativa, o que pode valorizar os investimentos de manejo e recuperação (Jesus e Rolim, 2005; Lima et al., 2011; Valente e Vettorazzi, 2009).

Ambos os procedimentos foram eficientes em respeitar as ocorrências de equipamentos urbanos, principalmente nas áreas de maior aglomeração, e as áreas de afloramentos rochosos. As áreas priorizadas apresentam tendências à proximidade dos fragmentos florestais, embora em certos trechos pareçam visualmente conflitantes, o que se deve a proximidade entre fatores favoráveis e desfavoráveis a vegetação. Notam-se nos dois processos grandes áreas de menor prioridade, do centro para noroeste, nordeste e sudeste, e também próximas a foz, o que se deve a riscos altos isolados ou confronto de fatores de menor peso.

Na análise P1 ocorrem extensões lineares de priorização de áreas em sentido cabeceira-centro e sentido centro-foz, devido à proximidade entre fragmentos florestais e canais. A exclusão da rede hidrográfica em P2 apresentou resultados de melhor conformidade com os

critérios de avaliação, semelhante aos obtidos por Valente e Vettorazzi (2009). A análise P2 valorizou a porção leste da bacia (próximas à cabeceira), distribuindo verticalmente as zonas de prioridade, reduzidas gradativamente com a proximidade das áreas declivosas, porém sem confrontar com as mesmas. A análise P1 desvalorizou esta região, representando horizontalmente as zonas preferenciais próximo ao trecho do canal e da vegetação.

A bacia do Córrego Itabira pode ser considerada de fragilidade ambiental devido às formas de intervenções humanas verificadas (edificações, estradas e agropecuária). Por se tratarem de atividades dinâmicas e de mobilidade espacial comprometem os recursos naturais e as práticas de manejo sustentável, principalmente as voltadas à vegetação e corpos hídricos.

Conclusões

Procedeu-se em ambiente de SIG a identificação de áreas aptas para reflorestamento na bacia do Córrego Itabira (Cachoeiro de Itapemirim-ES). A metodologia aplicada adotou o processo decisório por inferência *Fuzzy* e Método Analítico Hierárquico (AHP). A tomada de decisão atendeu aos objetivos pela priorização de áreas para reflorestamento e o melhor resultado foi verificado na análise que excluiu os recursos hídricos.

A combinação de procedimentos permitiu a avaliação do espaço de forma contínua, sendo esta uma grande vantagem em relação à interseção de fatores estáticos. Com base na junção dos fatores criou-se uma superfície de decisão não rígida, viabilizando avaliações individuais dos fatores e do processo como um todo.

Referências Bibliográficas

- Borges, T. S. **Desempenho de índices de risco de incêndios em florestas plantadas no Espírito Santo**. UFES: Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (Dissertação de Mestrado). Alegre, ES. Julho de 2009.
- Gonçalves, S. R. A.; Araújo, R. R. de. Aplicação de geoprocessamento no zoneamento de áreas de instabilidade da bacia do manancial do Rio Santo Anastácio/SP. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, Presidente Prudente, **Anais...**, 21 a 24 de outubro, p.74-81, 2013.
- Jesus, R. M. de; Rolim, S. G. Experiências relevantes na restauração da Mata Atlântica. In: Galvão, A. P. M.; Porfírio-da-Silva, V. **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. EMBRAPA Florestas, 2005.
- Lima, L. P. Z. (et al.). Análise da vulnerabilidade natural para implantação de unidades de conservação na microrregião da serra de Carrancas, MG. **CERNE**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 151-159, abr./jun. 2011.
- Motta, L. P. **Procedure for install source of “Synchronized Google Earth with View map of ArcMap”**. Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM). Brazil: Brasília-DF, 2008.
- Pinheiro, E. da S. Comparação entre dados altimétricos *Shuttle Radar Topography Mission*, cartas topográficas e *GPS*: numa área com relevo escarpado. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.58, v.01, p.1-9, 2006.
- Prefeitura Municipal de Cachoeiro De Itapemirim (PMCI). **Plano de manejo do Parque Natural Municipal do Itabira**. 2º Relatório Técnico Parcial. Fundação PROMAR, 2001.
- Rodrigues, P. J. F.; Nascimento, M. T. Fragmentação Florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia**, 57 (1): 63-74. 2006.
- Santos, A. G. (et al.). Controle de qualidade de mapas digitais urbanos para uso em sistemas de informações geográficas. **Revista Minerva**, v. 05, p. 169-176, 2008.
- Santos, A. R. dos. **ArcGIS 9.1 Total: aplicações para dados espaciais**. Vitória, ES: Fundagres, 2007.
- Silva Júnior, C. H. L. (et al.). Uso de lógica fuzzy e processo analítico hierárquico – AHP no zoneamento de áreas suscetíveis a deslizamento utilizando o operador fuzzy média ponderada AHP o caso da bacia hidrográfica do Rio Anil em São Luís – MA. **Revista de Geografia**, v.3, n.2, 2013, p.1-7.
- Silveira, H. L. F. da. (et al.). Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais em ambiente SIG na bacia do Rio Corumbataí, SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.259-268, 2008.
- Valente, R. de O. A.; Vettorazzi, C. A. Comparação entre métodos de análise de sensibilidade, empregados na tomada de decisão com a avaliação multicriterial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.82, p.197-211, 2009.