

RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL VISANDO À CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO PARDO, SP¹

ANDERSON ANTONIO DA CONCEIÇÃO SARTORI² & CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK³

RESUMO: A Bacia do Rio Pardo representa muito bem a situação de processo desordenado de uso e ocupação do solo, onde a fragmentação florestal é um dos resultados. Este estudo teve objetivo de avaliar o emprego da Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, especificamente por meio do método Combinação Linear Ponderada, na geração de mapa de área prioritária à restauração florestal, na parte inicial da bacia do Rio Pardo, SP, visando à conservação de recursos hídricos. A partir das condições em que foi realizado o estudo e dos resultados obtidos, pode-se concluir que, a Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, é adequada ao mapeamento de áreas prioritárias à restauração florestal. O mapa de adequação à recomposição florestal poderá ser útil no auxílio do planejamento ambiental, proporcionando aos órgãos públicos e agentes ambientais realizarem tomadas de decisão, baseando-se em um método que leva em consideração a paisagem como um todo e que prioriza a conservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Avaliação multicriterial, áreas prioritárias.

¹ Parte da dissertação de mestrado do 1º autor intitulada: Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais

² Engº Agrônomo, Aluno de Doutorado, Departamento de Recursos Naturais, FCA/UNESP, Botucatu – SP, Fone: (14) 3811-7169, sartori80@gmail.com

³ Professora Adjunta do Departamento de Recursos Naturais, FCA/UNESP – Fazenda Experimental Lageado. Rua José Barbosa de Barros, 1780 CEP: 18610-307 Botucatu, SP – Brasil. Caixa-Postal: 237 - Telefone: (14) 38117169 e-mail: czimback@gmail.com

FOREST RECOMPOSITION AIMING THE CONSERVATION OF WATER RESOURCES IN RIVER PARDO WATERSHED, SP

SUMMARY: *The Pardo River Basin represents the situation of disorderly process of use and occupation of land, where forest fragmentation is one of the results. This study evaluated the use of Multicriteria Evaluation in a GIS, specifically through method Weighted Linear Combination, the generation of map of priority areas for forest restoration in the initial part of Rio Pardo Basin, SP, aiming the conservation of water resources. It can be concluded that, the Multicriteria Evaluation in a GIS is appropriate to the mapping of priority areas for forest restoration. The map of suitability for forest recovery may be useful in the environment planning, providing public and environmental agents making decision, based on a method that takes into account the landscape as a whole and the priority is the conservation of water resources.*

Keywords: *Multicriteria evaluation, priority areas.*

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio Pardo representa muito bem a situação de grande parte do território brasileiro originalmente coberto pela Mata Atlântica, onde a fragmentação florestal é um dos resultados do processo desordenado de uso e ocupação do solo, especialmente em paisagens intensamente cultivadas (VALENTE, 2005).

O reflorestamento dirigido em bacias hidrográficas, notadamente por meio de ações de restauração florestal, tem sido apontado como uma das soluções mais factíveis e baratas para a questão da produção de água de boa qualidade para o uso humano. O problema é que, mesmo sendo uma solução das mais baratas, a restauração apresenta, ainda assim, um custo elevado, exigindo um planejamento cuidadoso que aponte áreas prioritárias para o investimento de recursos em reflorestamento (VETTORAZZI, 2006).

Em muitas das aplicações do Sistema de Informação Geográfica - SIG na área de análise ambiental é comum o envolvimento de múltiplos critérios para se atender a um ou mais objetivos. É a denominada Avaliação Multicritérios - AMC. Problemas de decisão espacial normalmente envolvem um grande conjunto de alternativas viáveis e múltiplas. As alternativas são frequentemente avaliadas por um número de indivíduos (os decisores políticos, gestores, agentes, pesquisadores, grupos de interesse) (MALCZEWSKI, 2006).

Assim, muitos problemas de decisão espacial dão origem para o Sistema de Informação Geográfica - SIG baseada na Avaliação Multicritérios (SIG-AMC). Estes distintos domínios de pesquisa, SIG e AMC, podem beneficiar-se um ao outro (CHAKHAR & MARTEL, 2003; MALCZEWSKI, 1999). Por um lado, técnicas de SIG e procedimentos têm um papel importante a desempenhar na análise de problemas de decisão. Na verdade, SIG é frequentemente reconhecida como um sistema de apoio à decisão envolvendo a integração de dados espacialmente referenciados em um ambiente de resolução de problemas. Por outro lado, AMC fornece um rico conjunto de técnicas e procedimentos para estruturação de problemas de decisão, e projetar, avaliar e priorizando decisões alternativas. (COWEN, 1988).

Os conceitos dos tomadores de decisão são expressos pelos critérios, que são a base do processo de tomada de decisão e que podem ser medidos e avaliados. O critério é a evidência sobre o qual um indivíduo pode ser designado a um conjunto de decisão. Os critérios podem ser de dois tipos: fatores e restrições e podem referir-se tanto atributos do indivíduo como ao conjunto todo de decisão (EASTMAN, 2001).

Os fatores irão realçar ou diminuir a suscetibilidade de uma alternativa específica para uma atividade ou objetivo (EASTMAN, 2001). Para Randhir et al. (2001), os fatores utilizados no processo de tomada de decisão são aqueles que representam as características críticas de um *habitat*.

As restrições podem ser entendidas como categorias restritivas das alternativas (fatores), excluindo áreas e limitando espacialmente a distribuição das possibilidades de escolha (EASTMAN, 2001).

Para a integração dos diferentes fatores, com base na abordagem multicriterial, vários métodos vêm sendo utilizados, segundo Malczewski (2004). Vários métodos de Avaliação Multicritérios (AMC) têm sido implementados em ambiente SIG, destacando-se o método Booleano, a Combinação Linear Ponderada (CLP) e suas variantes, o Método do Ponto Ideal, a Análise de Concordância e o Processo Hierárquico Analítico. Dentre esses métodos a Combinação Linear Ponderada e o Booleano são os mais robustos e os empregados com mais frequência segundo (MALCZEWSKI, 2004).

Para a definição de áreas sensíveis, prioritárias ou de risco, o método da Combinação Linear Ponderada vem sendo empregado em diversos campos da pesquisa. Zhu e Dale (2001) desenvolveram um programa, com base nesse método, e o empregaram para a determinação de áreas prioritárias para o manejo sustentável, tendo em vista a qualidade da água, de uma bacia hidrográfica na região centro-oeste da Austrália. Donha et al. (2005) utilizaram o programa para determinar a fragilidade ambiental de uma área no município de Pinhais, região metropolitana de Curitiba – PR e Déstro et al. (2009) determinaram áreas de risco ambiental por barragens no Estado de Minas Gerais.

A supressão de áreas florestais e sua substituição por outras coberturas podem contribuir de forma significativa para os processos de geração, transporte e deposição sedimentos nos canais de drenagem. As florestas de encosta protegem a superfície do solo do início do processo erosivo, promovem a infiltração

da água no solo e funcionam como barreiras ao transporte dos sedimentos. Ao redor das nascentes elas têm importante função de proteção, principalmente contra compactação e o assoreamento, por práticas agrícolas inadequadas (VETTORAZZI, 2006).

Este estudo teve por objetivo avaliar o emprego da Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, especificamente por meio do método Combinação Linear Ponderada, na geração de mapa de área prioritária à restauração florestal, na parte inicial da bacia do Rio Pardo, SP, visando à conservação de recursos hídricos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A Bacia do Rio Pardo localiza-se na região centro sul do Estado de São Paulo, abrangendo áreas dos municípios de Botucatu e Pardinho. A nascente do Rio Pardo, seu principal curso de água, está localizada no município de Pardinho. A área estudada tem início na nascente do Rio Pardo até o local de captação da SABESP, no município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil.

A Bacia do Rio Pardo possui uma área de 148,76 km², sendo que o Rio Pardo, seu principal curso de água, percorre um trecho de aproximadamente 28,7 km desde a sua nascente até o ponto de captação de água pela SABESP (CONTE, 1999). O Rio Pardo é afluente direito do Rio Paranapanema, que por sua vez integra a bacia hidrográfica do Rio Paraná.

A área de estudo está geograficamente localizada entre as coordenadas 23°06'14" e 22°56'07" de latitude sul e, 48°28'37" e 48°20'40" de longitude oeste de Greenwich, com altitudes variando entre 840 e 1.000 m de acordo com o (IBGE, 1969; IBGE, 1982).

Com relação ao clima, a região pode ser enquadrada como clima mesotérmico, com estação mais seca no inverno e identificada como Cwa, segundo a classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais em torno de 20°C e o índice pluviométrico entre 1.100 e 1.700 mm anuais (CARVALHO; JIM, 1983)

Do ponto de vista da vegetação, a biodiversidade é expressiva. Estão presentes matas de transição e atlântica, vegetação de cerrado e campo cerrado, contando ainda, segundo Tornero (1996), com "(...) espécies isoladas do Pinheiro do Paraná (*Araucaria brasiliensis*), testemunho de um clima pretérito mais frio."

Ainda em termos ambientais, deve-se destacar a erosão que ocorre em algumas áreas em função das características naturais dos solos. Esse processo natural tem-se intensificado em razão de práticas inadequadas de uso e manejo do solo, acarretando, entre outras coisas, o depauperamento do solo e o assoreamento de rios e represas. Algumas áreas do município de Botucatu possuem alto grau de criticidade em relação à erosão. Grande parte da vegetação nativa foi suprimida para dar espaço às atividades agropecuárias.

rias, e, em alguns casos, para o reflorestamento com espécies exóticas. Segundo Tornero (1996), um estudo comparativo entre os anos de 1962 e 1977, confirma o aumento da área ocupada por lavouras anuais e reflorestamento, ao mesmo tempo em que se verifica uma redução da área ocupada por mata e mata ciliar na Microbacia Hidrográfica da Cabeceira (ampliada) do Rio Pardo.

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo foram empregadas imagens orbitais obtidas pelo sensor HRC (*High Resolution Camera ou Câmera Pancromática de Alta Resolução*) a bordo do satélite CBERS 2B. Foram necessárias duas cenas para o recobrimento de toda a área da bacia. Essas cenas são referentes à passagem do dia 12 de julho de 2008. Na tabela 1 podem ser observadas as características do modo de operação do sensor HRC, a bordo do satélite CBERS 2B.

Tabela 1 - Características do modo de operação do sensor HRC

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Res. Radiométrica	Área Imageada
HRC	PAN	0,50 - 0,80 μ m	2,7 m	130 dias	8 bits	27 km (nadir)

Fonte: CBERS/INPE, 2007.

O mapa de uso e cobertura do solo (Figura 1) foi produzido pelo processamento digital das imagens orbitais. Foi feita a correção geométrica utilizando o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação pelo vizinho mais próximo. Para essa correção haverá a identificação e o registro das coordenadas de pontos, denominados de controle, e que foi comum entre as imagens digitais CBERS 2B e uma imagem do satélite LANDSAT-5 que, por sua vez, representou as coordenadas reais. As classes de uso e cobertura do solo foram definidas a partir do conhecimento de campo e pontos coletados com GPS.

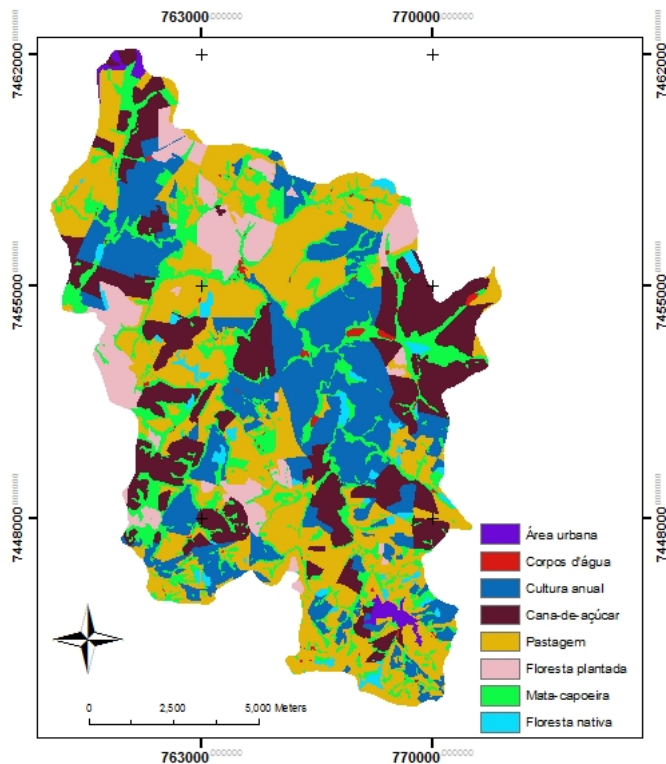


Figura 1 - Uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Pardo em 2010.

O plano de informação referente aos solos da bacia do Rio Pardo (Figura 2) foi elaborado a partir da digitalização, do mapa do Levantamento Pedológico Semidetalhado da Bacia do Rio Pardo, escala 1:10.000 Zimback, (1997) adaptado por (GROSSI, 2003) onde foram reclassificados, segundo normas da (EMBRAPA, 2006).

Para a geração do plano de informação fragmentos de floresta nativa foi extraído do mapa de uso e cobertura do solo. Esses fragmentos foram individualizados, isto é, passaram a receber identificadores únicos. O plano de informação declividade do terreno foi produzido a partir do modelo digital do terreno. A partir do modelo foi gerado o mapa de declividade, em porcentagem, que, posteriormente, foi reclassificado em sete categorias, conforme França (1963), ou seja: 0-3%; 3-6%; 6-12%; 12-20%; 20-40%; e acima de 40%.

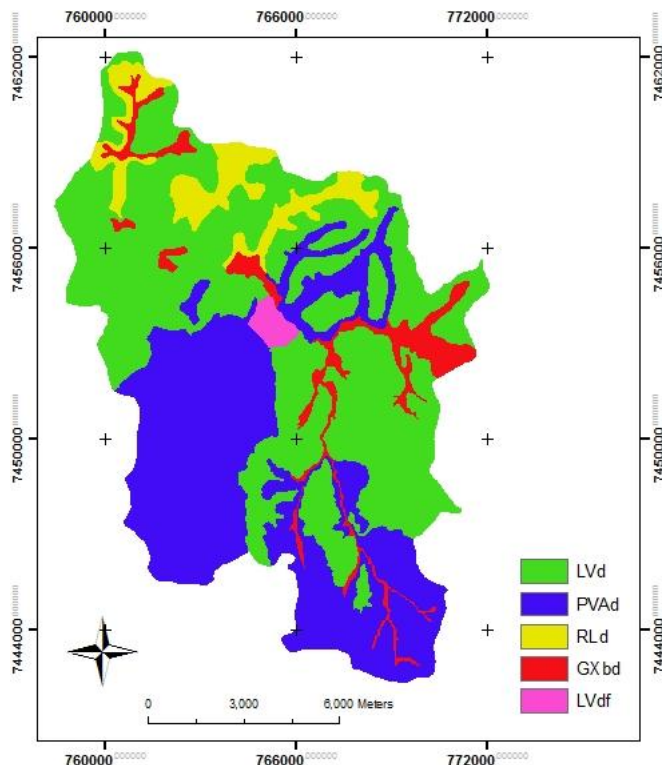


Figura 2 - Classes de solo presentes na Bacia do Rio Pardo.

O plano de informação erodibilidade do solo foi obtido a partir da reclassificação do mapa de solos, sendo que cada classe de solo foi associada ao valor correspondente de erodibilidade. A erodibilidade do solo tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcelas unitárias, sendo expresso como a perda de solo por unidade de índice de erosão da chuva, tendo por unidade $t.ha.h.ha^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}$ (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985).

A rede hidrográfica foi gerada pela digitalização dos cursos d'água e represas a partir das cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000. A atualização da rede hidrográfica foi elaborada em tela dos cursos d'água de ordens menores e represas construídas após a edição dos mapas, tendo como base imagens do satélite CBERS 2B sensor HRC de resolução espacial 2,7 metros.

2.1 Definição dos fatores

Na definição dos critérios e, posteriormente, dos pesos de fatores, empregou-se a Técnica Participatória proposta por Eastman (2001), Malczewski (1999), Chen et al. (2001) e Valente (2005), que se constitui na reunião e consulta a especialistas das diferentes áreas de interesse do trabalho.

Para aplicação dessa técnica, foi feita uma reunião no Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciada (GEPAG) da Faculdade de Ciências Agrônômica - FCA/UNESP, onde conta com vários integrantes de diversas formações e consultados outros pesquisadores de diferentes áreas de conhecimento.

Ao final do processo de revisão de literatura, avaliações de projetos desenvolvidos e da Técnica Participatória, foram eleitos quatro (4) fatores juntamente com as áreas restritivas de acordo com o objetivo em definir áreas prioritárias à restauração florestal, na Bacia do Rio Pardo, SP, visando à conservação de recursos hídricos.

(1) Proximidade da rede hidrográfica - Para elaboração desse mapa de fator produziu-se o mapa de distância aos corpos d'água, a partir do plano de informação rede hidrográfica. Esse, associado aos limites da bacia, possibilitou ter as distâncias somente dentro dos limites da Bacia do Rio Pardo. O mapa final foi normalizado (escala 0 – 255 bytes) com uma função linear decrescente. Desse modo obtiveram-se os valores iguais e/ou próximos a 255 da rede hidrográfica.

(2) Proximidade da cobertura florestal - Com esse mapa de fator foram priorizadas as uniões entre os fragmentos de floresta, independentemente de seus tamanhos. A partir do plano de informação fragmentos de floresta gerou-se um mapa com distâncias entre os fragmentos. Esse mapa foi associado ao limite da bacia e, em seguida, foi normalizado (escala 0 a 255 bytes) com uma função linear decrescente. Assim ficou garantido que quanto mais próximo à cobertura florestal maior a importância (prioridade) da distância, sendo que os maiores valores (ex.: 255 bytes), esta associado aos fragmentos de floresta nativa.

(3) Declividade - Para elaboração desse mapa de fator, utilizou-se o plano de informação classes de declividade, em porcentagem. Considerou-se que áreas mais declivosas são mais adequadas à recomposição, devido à necessidade de proteção permanente do solo e à dificuldade de mecanização destas áreas para o processo produtivo. Sendo assim, a imagem desse fator foi normalizada (0 – 255 bytes) de maneira a ter maior prioridade para os maiores valores de declividade.

(4) Erodibilidade do solo - O mapa do fator foi obtido a partir da reclassificação do mapa de solos, sendo que cada classe de solo foi associada ao valor correspondente de erodibilidade. Assim, a imagem desse fator foi padronizada para (0 a 255 bytes) através de uma função linear crescente. Desse modo, obtiveram-se os valores iguais e/ou próximos a 255 bytes a classe de solo de maior erodibilidade.

Foram consideradas como restrições para o propósito deste trabalho os limites da bacia, as áreas de floresta nativa, corpos d'água e as áreas urbanas. Isto significa que o mapa final de áreas prioritárias considerou apenas o território dentro dos limites da bacia, exceto as áreas ocupadas por áreas de floresta nativa, corpos d'água e áreas urbanas.

2.2 Pesos dos Mapas de Fatores

Para calcular o peso para cada fator foi utilizado o processo de tomada de decisão conhecido como Análise Hierárquica Analítica (SAATY, 1977). Este método emprega uma comparação pareada entre fatores para determinar a importância relativa de cada um deles.

Os valores são derivados de uma escala contínua de nove pontos (Figura 3). Na atribuição de pesos, um indivíduo, ou grupo, compara todos os possíveis pares e entra com os valores em uma matriz de comparação pareada. Uma vez que a matriz é simétrica, somente a metade triangular inferior necessita ser preenchida (Tabela 2).

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Muito fortemente	Fortemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fortemente	Muito fortemente	Extremamente



Figura 3 - Escala contínua de nove pontos usada na comparação pareada entre fatores, na Avaliação Multicritérios.

Fonte: Eastman (2001).

Tabela 2 - Pesos de compensação obtidos através da matriz de comparação pareada

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Pesos
Fator 1	1				0,0955
Fator 2	1	1			0,0955
Fator 3	3	3	1		0,2495
Fator 4	5	5	3	1	0,5596

Notas: Taxa de Consistência (TC) = 0,02

Fator 1: Erodibilidade do solo; **Fator 2:** Declividade; **Fator 3:** Proximidade da cobertura florestal; **Fator 4:** Proximidade da rede hidrográfica.

Devido ao fato da matriz de comparação pareada apresentar múltiplos caminhos (ou maneiras) pelos quais a importância relativa dos critérios pode ser avaliada, é possível também determinar o grau de consistência atingido no desenvolvimento dos pesos. Saaty (1977) indicou o procedimento pelo qual um índice de consistência conhecida como Taxa de Consistência (TC), pode ser obtido. A TC indica a proba-

bilidade de os valores da matriz ter sido gerado ao acaso (ou randomicamente). De acordo com autor, as matrizes com TC maiores que 0,10 devem ser reavaliadas.

2.3 Método da Combinação Linear Ponderada

Um dos métodos mais empregados na AMC é a Combinação Linear Ponderada-CLP (VOOGD, 1983).

Uma vez que os mapas de critérios (fatores e restrições) tenham sido gerados, é uma simples questão de multiplicar cada mapa de fator (isto é, cada célula, ou pixel, de cada mapa) pelo seu peso, e então somar os resultados. Devido aos pesos terem de somar 1, o mapa de adequação resultante terá uma variação de valores como aqueles dos mapas de fatores padronizados que foram usados. Após todos os fatores terem sido incorporados, o mapa de adequação resultante é então multiplicado por cada uma das restrições, para eliminar as áreas não adequadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pesos foram calculados a partir da matriz de julgamento, para os fatores: erodibilidade do solo, declividade, proximidade da cobertura florestal, e proximidade da rede hidrográfica foram: 0,0955; 0,0955; 0,2495 e 0,5596, respectivamente. A taxa de consistência (TC) dos pesos encontrada para este estudo foi de 0,02, indicando que o julgamento apresentou consistência aceitável, ou seja, menor que 0,1 (10%). Essa ponderação tem influência direta sobre a espacialização das áreas prioritárias à restauração florestal a serem geradas pela análise.

A Figura 4 mostra o mapa de áreas prioritárias à restauração florestal na Bacia do Rio Pardo, SP, gerado através da análise integrada dos dados disponíveis sobre a área em estudo, segundo os critérios e pesos estabelecidos pela Técnica Participatória. Pode-se observar que o mapa não identificou as áreas aptas ou inaptas, mas representou uma superfície de aptidão onde todos os pixels possuem uma nota de 0 (menos apto) a 255 (mais apto), resultante da aplicação dos critérios e da análise ponderada.

A partir dessa superfície foi possível estabelecer um limiar para a seleção das melhores áreas, ou efetuar uma hierarquização das células (pixel) de forma a selecionar apenas as melhores áreas para a restauração florestal, e nestas isolar uma ou mais áreas contíguas. Dessa forma, o mapa permitiu uma visão geral de como a paisagem da bacia se comporta em termos de aptidão à implantação de uma estratégia de restauração. Com isso gerou a possibilidade de escolha dos locais dentro das áreas mais aptas e que merecem um estudo mais detalhado.

O mapa final de áreas prioritárias (Figura 5) foi reclassificado para melhor avaliar a relação das áreas prioritárias à restauração florestal na Bacia do Rio Pardo, SP, visando a conservação dos recursos hídricos, além de tornar mais fácil a interpretação do mapa. Foram definidas para o mapa de áreas prioritárias à restauração florestal em cinco classes de prioridades (classes de mesma amplitude): muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. O intervalo de classe foi determinado a partir da avaliação do histograma dos mapas (0-255 bytes).

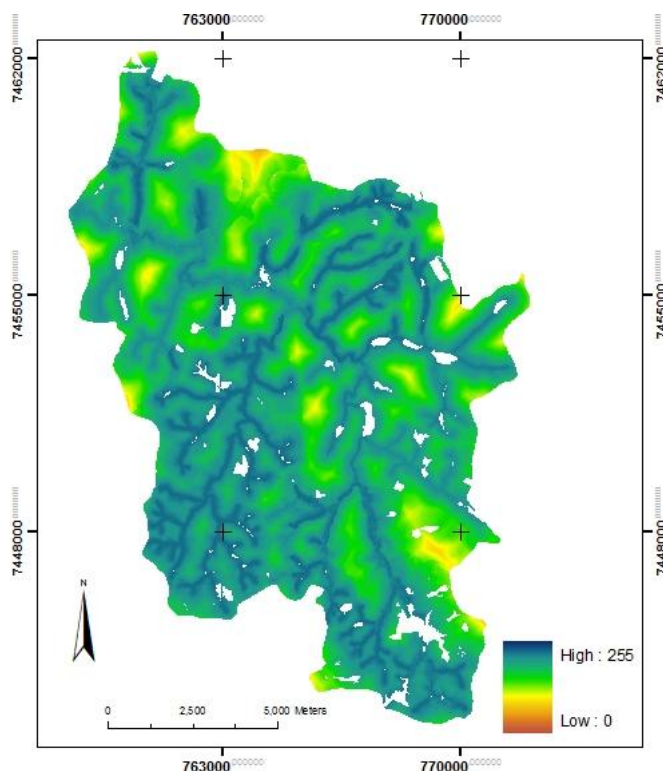


Figura 4 - Mapa de áreas prioritárias à restauração florestal geradas pelo método da Combinação Linear Ponderada.

A Combinação Linear Ponderada gerou como resultado (Figura 6) que as áreas de prioridade muito alta apresentam uma distribuição espacial mais restrita, com uma concentração aparente ao redor dos corpos d'água, delineando como que uma área tampão (buffer) para a rede hidrográfica. A distribuição espacial dessas áreas, próximas às cabeceiras e aos cursos d'água de ordens inferiores, vai ao encontro do que preconizam BURKAT et al. (2004). Para esses autores, as áreas ripárias ao longo dos canais de primeira ordem têm um potencial maior de interceptação da água, subterrânea ou superficial, que áreas similares ao longo de canais de ordens superiores, contribuindo dessa forma para recarga desses cursos pequenos, que é dominada pelo fluxo de base. Lima (2005) também comenta a importância da proteção adequada das zonas ripárias e das cabeceiras de drenagem, para garantir a integridade do sistema ripário, contri-

buindo dessa forma, para aumentar a resiliência da bacia hidrográfica, diminuindo a sua vulnerabilidade a perturbações.

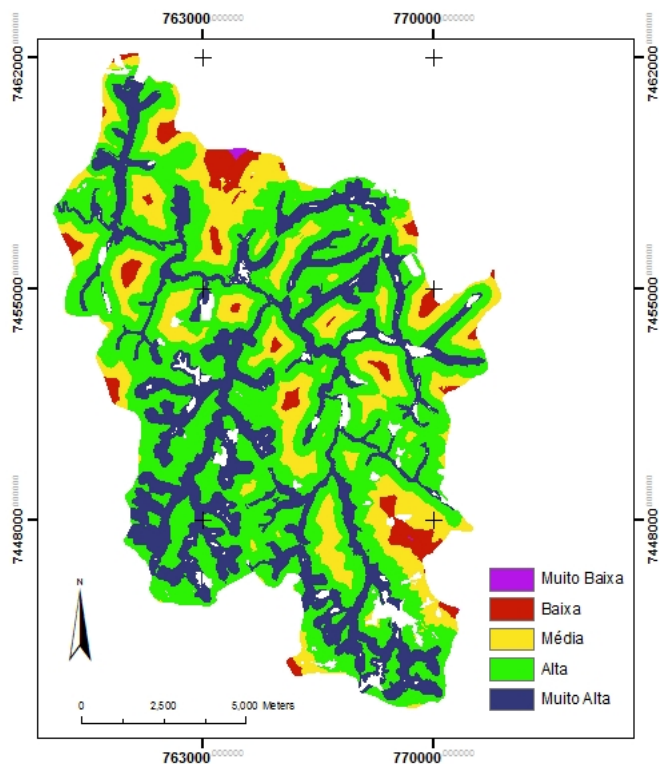


Figura 5 - Áreas prioritárias à recomposição florestal gerada pelo método da Combinação Linear Ponderada (cinco níveis de prioridade).

Para um melhor resultado, sob a ótica da paisagem na bacia ao todo, seria interessante que as áreas de recomposição ocupassem uma área contínua e extensa, possibilitando maior troca de material genético, trânsito de animais, além de permitir o desenvolvimento de atividades como ecoturismo e educação ambiental (Harris, 1984). No caso desta bacia hidrográfica, a melhor região identificada, que atende a estes requisitos, seria a área de prioridade muito alta, localizada ao longo das nascentes, da rede hidrográfica e englobando os fragmentos de mata nativa existentes.

4 CONCLUSÕES

A partir das condições em que foi realizado o estudo e dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, é adequada ao mapeamento de áreas prioritárias à recomposição florestal em bacias hidrográficas, visando à conservação dos recursos hídricos;

- As informações geoespaciais sobre o meio biofísico, geradas a partir dos procedimentos metodológicos descritos neste artigo, tem alto potencial positivo para orientar o planejamento racional do uso dos recursos naturais e a recomposição florestal, além de servir como um forte instrumento de orientação às políticas públicas ambientais na tomada de decisão, baseando-se em um método que leva em consideração a paisagem como um todo e que prioriza a conservação dos recursos hídricos;

- O método da Combinação Linear Ponderada é flexível, fácil de ser implementado e permite a interação de conhecimentos (pesquisadores, analistas) e de características da paisagem, determinando a robustez da solução para o processo de tomada de decisão.

5 REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 368p.

BURKART, M.R. et al. Hydrologic and terrain variables to aid strategic location of riparian buffers. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 59, p. 216-223, 2004.

CARVALHO, W.A.; JIM, J. **Áreas de proteção ambiental**: Região da “Serra de Botucatu” e Região da “Serra de Fartura”. Botucatu: Instituto Básico de Biologia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, 1983. 47p.

CHAKHAR, S.; MARTEL, J-M. Enhancing geographical information systems capabilities with multi-criteria evaluation functions. **Journal of Geographic Information and Decision Analysis**, Québec. v.7, p. 47–71. 2003.

CHEN, K. P.; BLONG, R.; JACOBSON, C. MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. **Environmental Modeling e Software**, v.16, n.4, p.387-397, 2001.

CONTE, M. L. **Aspectos quantitativos e qualitativos das águas da Bacia Experimental do Rio Pardo – Região de Botucatu, SP**. 157p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas. 1999

COWEN, D. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. New York. v. 54, n. 11, p. 1511-1555, 1988.

DÉSTRO, G. F. G. et al. Áreas de risco ambiental por barragens no Estado de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, INPE, 2009, p. 5193-5200.

DONHA, A. G. et al. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Iraí-PR. v.10, n.1, p.175–181, 2005.

EASTMAN, J. R. Decision support: decision strategy analysis. In: **Idris 32 release 2: guide to GIS and image processing**. Worcester: Clark University, Clark Labs, 2001, p. 1-22.

EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos: manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 2006. 212 p.

FRANÇA, G. V. A classificação de terras de acordo com sua capacidade de uso como base para um programa de conservação de solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1, 1963. Campinas. **Anais...** São Paulo: Secretária da Agricultura, Divisão Estadual de Máquinas Agrícolas, 1963. P. 399-408.

GROSSI, C. H. **Sistema e Informação Geográfica – Basins 3.0 na Modelagem hidrológica da Bacia Experimental do Rio Pardo, SP**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

HARRIS, L. D. **The fragmented forest**. Chicago, The University of Chicago Press, 1984. 211 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta do Brasil**. Botucatu, 1969. Mapa color, 55,3x51,4cm (folha SF – 22 – R – W – IV – 3 Botucatu). Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta do Brasil**. Pardinho, 1982. Mapa color, 55,3x51,4cm (folha SF – 22 – Z – D – III – 1 Pardinho). Escala 1:50.000.

LIMA, W.P. Floresta natural protege e estabiliza recursos hídricos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, ano 2, n. 4, p. 30-33, 2005.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. New York: John Wiley, 1999. 362 p.

MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, New York, n. 62, p. 3-65, 2004.

MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, New York. v. 20, n. 7, p. 703–726, 2006.

RANDHIR, T. O.; O’CONNOR, R.; PENNER, P. R.; GOODWIN, D. W. A watershed-based land prioritization model for water supply protection. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 143, n. 1/3, p. 47-56, 2001.

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

TORNERO, M. T. **Fotointerpretação da Cobertura Vegetal e da Rede de Drenagem da Bacia Experimental do Rio Pardo, no período de 15 anos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1996. 129 p.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG**. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, 2005. Piracicaba. 121 p.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conserva de recursos hídricos**. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba. 2006. 151 p.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. London: Pion, 1983. 370 p.

ZHU, X.; DALE, A. P. JavaAHP: A Web-based decision analysis tool for natural resource and environmental management. **Environmental Modelling and Software**, Australiav. 16, n. 3, p. 251-262, 2001.

ZIMBACK, C. R. L. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Rio Pardo no Municípios de Pardinho e Botucatu**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1997. 55 p.