

ADEQUAÇÃO TERRITORIAL COM ABORDAGEM MULTICRITERIAL PELA ANÁLISE DA COMBINAÇÃO LINEAR PONDERADA

Anderson Antonio da Conceição SARTORI¹, Vanessa Durante POLONIO¹, Célia Regina Lopes ZIMBACK¹

(1) Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCA, Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas – GEPAG, Caixa Postal 237 – Rua José Barbosa de Barros, nº 1780 - CEP 18610-307 - Botucatu - SP, Brasil. Endereços eletrônicos: asartori@fca.unesp.br, van_polonio@hotmail.com, czimback@fca.unesp.br.

Introdução
Materiais e Métodos
 Descrição geral da área de estudo
 Solos
 Erodibilidade do solo
 Uso e cobertura da terra
 Declividade do terreno
 Mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes (APP)
 Capacidade de uso da terra
 Mapas de fatores
 Padronização dos escores dos critérios
 Pesos dos critérios
 Combinação Linear Ponderada
 Caracterização das áreas prioritárias quanto ao uso da terra e classes de solo
Resultados e Discussão
Conclusões
Referências

RESUMO – A partir da caracterização de atributos biofísicos da sub-bacia hidrográfica (declividade, tipos de solos, capacidade de uso da terra e uso e cobertura da terra), o presente trabalho, utilizou o método da análise multicriterial – Combinação Linear Ponderada, com o intuito de definir áreas prioritárias para adequação ao uso das terras quanto à sua capacidade de uso. Com esta abordagem metodológica, foram criadas, para a sub-bacia em estudo, 4 classes, formadas por diferentes combinações dos atributos biofísicos, representando níveis de prioridades para o uso agrícola da terra. A Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, é adequada ao mapeamento de áreas prioritárias à adequação do uso das terras em bacias hidrográficas. 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 ocupação territorial, além de servir como um forte instrumento de orientação às políticas públicas e aos processos coletivos de decisão sobre o uso e cobertura das terras.

Palavras-chave: atributos biofísicos, uso agrícola, SIG.

ABSTRACT – From the characterization of biophysical attributes of the watershed (slope, soil types, capacity to land use and land cover), this article, used the multi-criteria analysis method – Weighted Linear Combination, defined priority areas for adaptation to the use of land as to its capacity of use. With this methodological approach, were created for the watershed under study, four classes, formed by different combinations of biophysical attributes (discrete data), representing levels of priorities for agricultural land use. The Multicriteria Evaluation in a GIS is suitable for the mapping of priority areas to the suitability of land use in watersheds. The geospatial information on the biophysical environment, generated from the methodological procedures described in this article, has a high positive potential to guide the rational planning of the use of natural resources and territorial occupation, besides serving as a powerful instrument to guide policies and collective processes of decision on the use and land cover.

Keywords: biophysical attributes, agricultural use, GIS.

INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente tem aumentado, nas últimas décadas. Pesquisadores, estudantes e governantes estudam maneiras de minimizar os impactos ocasionados pela exploração dos recursos naturais, visando à obtenção do desenvolvimento sustentável do planeta.

A destruição da cobertura florestal nativa foi desencadeada pela exploração agrícola, que vem, com o passar do tempo, indicando a ação de processos erosivos nas bacias hidrográficas,

ocasionada pela ocupação desordenada e manejo incorreto do solo. Por isso, qualquer decisão sobre o uso da terra precisa ser analisada conforme as características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas, de maneira que não atinja, drasticamente, o meio natural (Santos, 2008).

Um referencial é o reconhecimento das áreas mais aptas à exploração e outras para conservação dos recursos naturais, que determinam a qualidade de vida da

comunidade. É importante saber também a relação socioeconômica que se estabelece entre os diversos usos com o meio físico. Ou seja, de acordo com o uso e a relação de consumo de diferentes classes sociais, qual a demanda de recursos naturais, qual o resíduo produzido, como e para onde é destinado (Sebusiani & Bettine, 2011). Os autores comentam que é possível utilizar o espaço geográfico como recurso de gestão ambiental, desde que as pessoas, os grupos e, em especial, os tomadores de decisões sobre a ordenação territorial sejam conscientizados para influir decisivamente na melhoria da relação sociedade/espaço.

O mapeamento das informações é um recurso muito utilizado para tornar mais evidentes os padrões de uso e ocupação dos espaços. A visualização destes processos no espaço amplia a compreensão das interações existentes entre os fatores biofísicos e antrópicos.

Segundo Kaliski et al. (2010), o geoprocessamento em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é capaz de fornecer informações sobre a superfície da Terra, contribuindo para o monitoramento de áreas em diferentes escalas de mapeamento, tanto em nível local, como regional e global. Nesse sentido, a utilização das geotecnologias evoluiu de forma significativa nos últimos anos, assumindo papel importante como ferramenta de gestão, planejamento e educação, em diferentes seguimentos e organizações da sociedade: setor público, privado e sociedade civil organizada.

Em muitas das aplicações de 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), que procura resolver problemas de decisão espacial, os quais normalmente envolvem um grande conjunto de alternativas viáveis (Malczewski, 2006).

A análise multicriterial tem sido empregada em diversos estudos relacionados ao

planejamento ambiental entre eles: definição de áreas mais adequadas para instalação de empreendimentos, análise de risco ambiental, análise de sensibilidade ambiental e planejamento de uso das terras (Sartori et al., 2011; Valente, 2005; Malczewski, 2004).

Malczewski (2004) demonstra que a análise da adequação de uso da terra utilizando SIG, tem aplicação em diversas situações com viés ecológico, como a determinação de habitat para espécies animais e vegetais; aptidão das terras para agricultura; avaliação e planejamento da paisagem; avaliação de impactos ambientais e planejamento regional.

Na área agrícola, Li & Yeh (2001) empregaram a Análise Multicriterial (AMC) em ambiente SIG para o zoneamento de terras. De acordo com os autores, o zoneamento de terras agrícolas, tem se tornado uma atividade estratégica na redução de perda de áreas com alto potencial agrícola em regiões de rápido desenvolvimento.

A AMC também pode ser empregada, com sucesso, no mapeamento de áreas apropriadas ao plantio de culturas agrícolas. Ceballos-Silva & Lopez-Blanco (2003) utilizaram a abordagem AMC, em ambiente SIG, para identificar áreas adequadas ao plantio de aveia (*Avena sativa L.*) no México Central.

Sartori et al., 2011 utilizaram a tecnologia SIG para desenvolver um modelo baseado em múltiplos critérios, onde definiram áreas prioritárias para a adequação de uso das terras, levando em consideração características do solo e relevo.

A partir da caracterização de atributos biofísicos da sub-bacia do Rio Pardo-SP localizada na região centro sul do Estado de São Paulo, (declividade, tipos de solos, capacidade de uso da terra e uso e cobertura da terra) e com o método da análise multicriterial pela Combinação Linear Ponderada, foram definidas as áreas prioritárias para adequação do uso das terras quanto à sua capacidade de uso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição geral da área de estudo

A sub-bacia do Rio Pardo, esta localizada na região centro sul do Estado de São Paulo,

Brasil; possui uma área de 14876 ha, sendo que o Rio Pardo, seu principal curso de água, percorre um trecho de aproximadamente 28,7

km. 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 m e 1.000 m.

O clima da região é o mesotérmico, Cwa, com estação mais seca no inverno e, de acordo com a classificação de Koppen, tem temperaturas médias anuais em torno de 20°C e o índice pluviométrico entre 1.100 e 1.700 mm anuais (CARVALHO & JIM, 1983) podendo, atingir valores superiores a 1.800 mm anuais. Do ponto de vista da vegetação, a biodiversidade é expressiva. Estão presentes matas de transição e atlântica, vegetação de cerrado e campo cerrado.

Solos

O plano de informação referente aos solos da sub-bacia do Rio Pardo foi elaborado a partir da digitalização, do mapa do Levantamento Pedológico Semidetalhado da sub-bacia do Rio Pardo, escala 1:10.000 Zimback, (1997) adaptado por (Grossi, 2003) que foram atualizados, segundo normas da (Embrapa, 2006).

A sub-bacia tem aproximadamente 49,85% de sua área ocupada com Latossolo Vermelho distrófico-LVd; 36,43% com Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico-PVAd; 6,5% Neossolo Lítico distrófico-RLd; 6,28% com Gleissolo Háptico-GXbd e 0,95% com Latossolo Vermelho Distroférrico-LVf.

Erodibilidade do solo

Esse plano de informação foi obtido a partir do mapa de solos, sendo que cada classe foi associada ao valor correspondente à 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).

Uso e cobertura da terra

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra foram empregadas imagens orbitais do sensor HRC (*High Resolution Camera ou Câmera Pancromática de Alta Resolução*) a bordo do satélite CBERS 2B, com resolução

espacial de 2,7m. Foram necessárias duas cenas para o recobrimento de toda a área da sub-bacia. Essas cenas são referentes à passagem do satélite no dia 12 de julho de 2008.

A correção geométrica foi realizada utilizando o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação pelo vizinho mais próximo. Para essa correção houve 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 da terra foram definidas a partir do conhecimento de campo e de pontos coletados com GPS.

Declividade do terreno

O plano de informação declividade do terreno foi produzido a partir das cartas planialtimétricas do IBGE (1969) com uma equidistância vertical das curvas de nível de 20 m. Foi utilizado Modelagem *Triangulated Irregular Network* (TIN), estrutura mais comum utilizada para modelagem de superfícies contínuas usando dados vetoriais. A partir dessa modelagem foi gerado o Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT) na determinação dos valores entre as curvas de nível, através da interpolação dos dados.

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%.

Mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes (APP)

Com a necessidade de preservar áreas que contribuem para a sustentabilidade dos recursos naturais, alguns espaços territoriais foram considerados por lei como áreas de preservação ambiental. Nesses espaços, à exceção de casos especiais, deve-se evitar a ocupação ou o uso para atividades que possam acarretar alterações do seu sistema natural. As Áreas de Preservação Permanente (APP) juntamente com as reservas legais, reservas indígenas e as unidades de conservação, fazem parte do

sistema de áreas protegidas da legislação ambiental brasileira.

Atualmente as APP's são também regulamentadas pela Resolução CONAMA n.º 302/2002. Como exemplo de áreas de preservação permanente pode ser citado às margens dos rios, os arredores de lagoas, lagos ou reservatórios d'água e os topos de morros, montes, montanhas e serras.

Sobre o arquivo vetorial da rede de drenagem, da sub-bacia, um "buffer" de 30m para cada margem dos cursos d'água e de 50m para as nascentes, foi elaborado para servir como definição espacial das APP.

Esses limites estão fundamentados na resolução CONAMA n.º 303/2002, Art.3.º "constitui Área de Preservação Permanente a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura" e nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura, e no Código Florestal (Lei 4.771/1965), que considera essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa.

Capacidade de uso da terra

O estudo de capacidade de uso da terra foi feito a partir da metodologia proposta por Lepsch (1983), através do cruzamento do mapa de solos com o mapa das classes de declive. Essa técnica de classificação é baseada no conhecimento das potencialidades e limitações das terras, considerando em especial a suscetibilidade a erosão, e informando as melhores alternativas para o uso da terra.

Na hierarquia da classificação existem quatro níveis categóricos divididos em três grupos (A, B, C), oito classes (I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII), quatro subclasses: "e" de erosão quanto aos riscos, "s" de solos quanto às limitações, "a" de água quanto aos excessos, "c" de clima com relação às limitações, e diversas unidades de uso.

Através do mapa de capacidade de uso segundo (Teófilo et al., 2011), foram identificadas as seguintes classes, com potencial ao uso agropecuário: Iia, s; Iie, s; IIIa; IIIa, e; IIIe; Iive; Vie, correspondendo em relação à área total da sub-bacia a 0,2% (32,5

ha); 18,9% (2910, 5ha); 5,8% (896,3 ha); 5% (760,5 ha); 48,6% (7464,1 ha); 17% (2609,9 ha); 4,5% (698,7 ha); respectivamente.

Mapas de fatores

Na definição dos critérios e, posteriormente, dos pesos de fatores, empregou-se a Técnica Participatória proposta por Eastman (2001) e utilizada por Valente (2005) e Sartori (2011); que se constitui na reunião e consulta de especialistas das diferentes áreas de interesse do trabalho.

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

Durante a reunião foi apresentado o resumo inicial do trabalho, sem os fatores previamente escolhidos. Após a apresentação do resumo e objetivo, todos os presentes na reunião receberam uma tabela com diversos fatores; então, cada participante assinalou os fatores que julgava serem mais importantes para o objetivo da pesquisa e atribuindo a cada um deles, pesos de importância em uma escala crescente de 0 a 10.

Ao final do processo de revisão de literatura, avaliações de projetos desenvolvidos e da Técnica Participatória foram eleitos os fatores: Fator capacidade de uso da terra, Fator Áreas de Preservação Permanente (APP), - Fator declividade e Fator Erodibilidade do solo, juntamente com as áreas restritivas.

Padronização dos escores dos critérios

Devido às diferentes escalas utilizadas na mensuração dos critérios, foi necessário que os fatores fossem padronizados e transformados, de tal maneira que todos os mapas de fatores pudessem ser correlacionados positivamente com a adequação. Voogd (1983) revisou vários procedimentos de padronização, tipicamente usando os valores mínimos e máximos como referências na escala. O procedimento mais simples é a transformação linear.

Assim, a aptidão máxima (255 bytes) pode ser atribuída à maior distância e a aptidão mínima (0 bytes) à menor distância, tomando

como referencia o *buffer* das Áreas de Preservação Permanentes na região em estudo, e os escores de aptidão puderam ser linearmente distribuídos entre estes dois extremos.

A imagem do fator capacidade do uso da terra, a produção do fator declividade e o mapa de fator erodibilidade foram submetidos a uma função linear decrescente e dessa forma, houve uma padronização do fator para intervalos entre 0 e 255 bytes. Obtendo-se, valores iguais e/ou próximos a 255 bytes para a classe de capacidade de uso da terra de maior adequação ao uso agrícola, regiões de menores declividades da sub-bacia e para a classe de solo de menor erodibilidade; classe mais adequada para uso agrícola, pois é menos susceptível a processos erosivos, respectivamente.

Foram considerados como restrições para o propósito deste trabalho, as áreas de floresta nativa, corpos d'água e o *buffer* da APP. Isto

significa que o mapa final de áreas prioritárias considerou apenas o território dentro dos limites da sub-bacia para a adequação de uso das terras.

Na produção da imagem de restrições, obteve-se imagem booleana onde o valor 0 (zero) foi atribuído aos pixels correspondentes às áreas onde não foi considerada a possibilidade de adequação do uso das terras quanto à sua capacidade de uso e o valor 1 (um) às áreas onde poderia ocorrer adequação.

Pesos dos critérios

Para calcular o peso de cada fator, foi utilizado o processo de tomada de decisão conhecido por 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 (Tabela 1).

Tabela 1. Escala contínua de nove pontos usada na comparação pareada entre fatores, na Avaliação Multicritérios. Fonte: Eastman (2001).

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extrema- mente	Muito	Forte	Moderado	Igual	Moderado	Forte	Muito	Extrema- mente



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 pode ser obtido, como Taxa de Consistência (TC). A TC indica a probabilidade de os valores da matriz terem sido gerados ao acaso. De acordo com o autor, as matrizes com TC maiores que 0,10 devem ser reavaliadas.

Combinação Linear Ponderada

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

Uma vez que os mapas de critérios (fatores e restrições) tenham sido gerados, cada mapa de fator é multiplicado (isto é, cada célula ou pixel de cada mapa) pelo seu peso, e então somados os resultados. Devido aos pesos terem de somar o valor 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 agregados, o mapa de adequação resultante é então multiplicado por cada uma das restrições. Este procedimento irá eliminar do estudo, as áreas não adequadas ao uso agrícola – que estão fora do objetivo da pesquisa.

Caracterização das áreas prioritárias quanto ao uso da terra e classes de solo

Para as áreas classificadas como de prioridades alta e média, pelo método da Combinação Linear Ponderada, foi feita a caracterização ambiental através da tabulação

cruzada, com mapas de características selecionadas da paisagem (uso e classes de solo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pesos, calculados a partir da matriz de julgamentos, para os fatores: erodibilidade do solo, declividade, Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e capacidade de uso da terra foram: 0,0823, 0,1276, 0,2257 e 0,5644, respectivamente de acordo com a (Tabela 2). 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 para analisar a adequação de uso das terras a serem geradas pela análise.

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

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Pesos
Fator 1	1				0,0823
Fator 2	2	1			0,1276
Fator 3	3	2	1		0,2257
Fator 4	5	5	3	1	0,5644

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

Fator 1: Fator Erodibilidade do solo; Fator 2: Fator declividade; Fator 3: Fator Áreas de Preservação Permanentes (APP's); Fator 4: Fator capacidade de uso da terra.

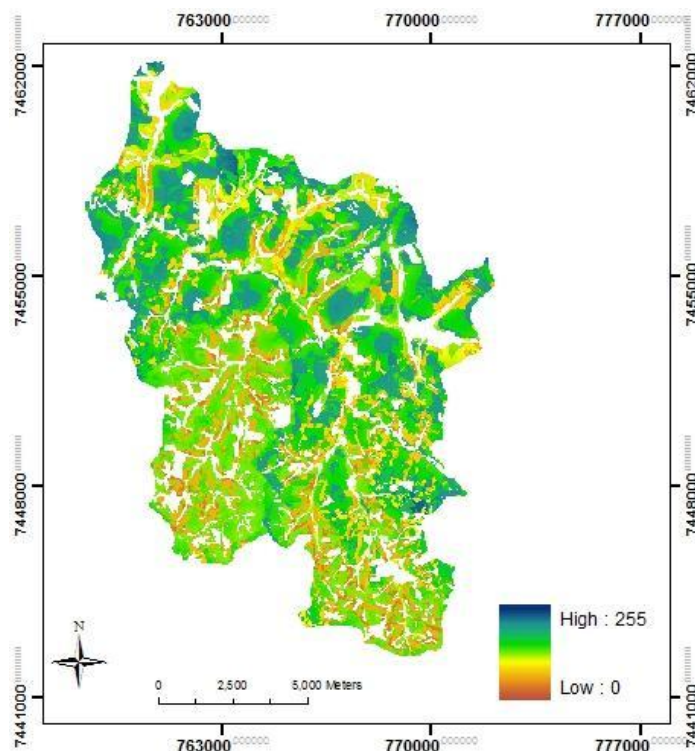


Figura 1. Escala contínua de adequação de uso agrícola (0 a 255) bytes.

Na Figura 1 esta representado o mapa de áreas prioritárias para adequação de uso das terras na sub-bacia do Rio Pardo, SP, o qual foi gerado pela 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 byte (menos apto) a 255 bytes (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 exploração agrícola das terras, e nestas isolar uma ou mais áreas contíguas. Dessa forma, o mapa permitiu uma visão geral de como a área da bacia se comporta em termos de aptidão à implantação de uma estratégia de adequação agrícola. Isso possibilitou a escolha dos locais dentro das áreas mais aptas, que merecem um planejamento das culturas agrícolas mais específico e com uma utilização mais vantajosa das áreas.

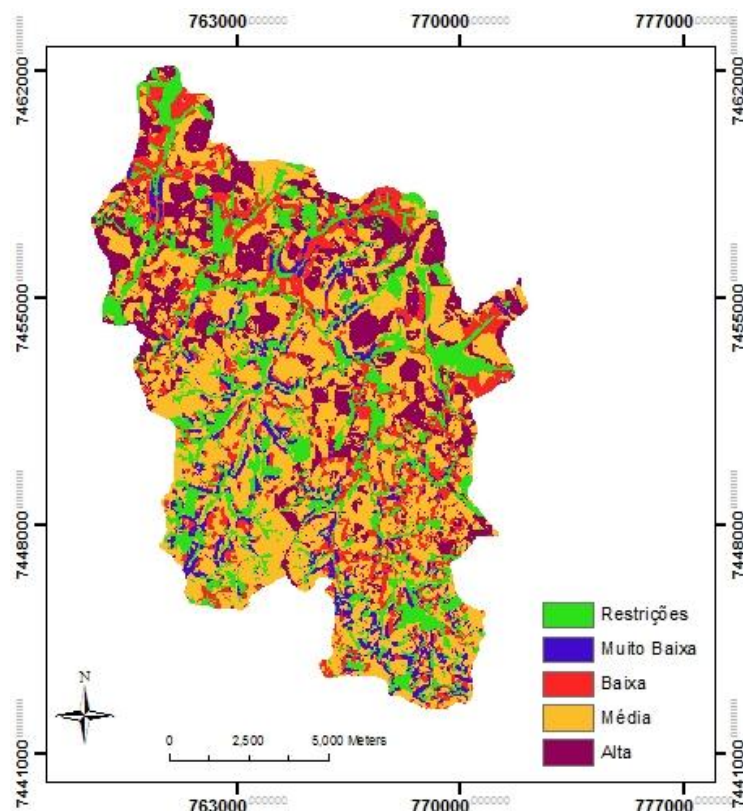


Figura 2. Mapa de classes de adequação de uso agrícola das terras na su-bacia do Rio Pardo- SP.

O mapa final de áreas prioritárias (Figura 2) foi reclassificado para melhor avaliar a relação das áreas prioritárias no processo de avaliação da adequação de uso das terras na sub-Bacia do Rio Pardo, SP, além de tornar mais fácil a interpretação do mapa. Foram definidas para o mapa de áreas prioritárias quatro classes de prioridades (classes de mesma amplitude): muito baixa, baixa, média, alta. O intervalo de classe foi determinado a partir da avaliação do histograma dos mapas (0-255 bytes).

A partir do mapa de adequação de uso das terras foi possível calcular a área de cada classe, em valores absolutos, como mostra a Tabela 3.

Analisando-se a Figura 2 e Tabela 3 observa-se que, a maior parte da área avaliada pela AMC, apresenta valores de médio a alto grau de adequação de uso, distribuídas ao longo de toda a sub-bacia. Para essas áreas, pode-se perceber a influência do fator capacidade do uso da terra, porque é o fator com maior peso de compensação na análise. Embora o fator

Áreas de Preservação Permanentes tenha peso de compensação menor, também teve influência

no resultado, como pode ser observado nas classes alta e muito alta.

Tabela 3. Valores de área para os cinco níveis de prioridade.

Nível de prioridade	Área	
	(ha)	(%)
Muito baixa	1.082,76	7,04
Baixa	2.352,60	15,30
Média	6.411,63	41,70
Alta	2.585,11	16,81
Restrições	2.940,40	19,13
Total	15.372,50	100,00

As áreas com baixa adequação para o uso agrícola aparecem distribuídas em maior concentração nas áreas com maiores declividades ao longo do front da Cuesta de Botucatu/SP, na faixa leste e sul, nas proximidades da nascente do Rio Pardo, em Pardinho-SP porção norte, onde o relevo varia de ondulado a forte ondulado. Essas áreas são

de menor prioridade à adequação de uso agrícola.

Para a caracterização ambiental das áreas classificadas como de graus alto e médio de prioridade, foi feito o cruzamento entre os mapas finais de prioridade e os planos de informação de uso e cobertura da terra e classes de solos da sub-bacia do Rio Pardo (Tabela 4).

Tabela 4. Caracterização ambiental das áreas com graus de prioridade alta e média obtidas pelo método da Combinação Linear Ponderada.

Grau de Prioridade	Uso e cobertura do solo	Solo
Alta	Cultura anual (30,59%) Cana-de-açúcar (21,75%) Pastagem (31,36%) Floresta plantada (16,11%)	Latossolo Vermelho distrófico-LVd (99,45%)
Média	Cultura anual (28,44%) Cana-de-açúcar (23,19%) Pastagem (39,15%) Floresta plantada (8,50%)	Neossolo Lítico distrófico-RLd (2,83%) Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico-PVAd (44,89%) Gleissolo Háptico-GXbd (1,65%) Latossolo Vermelho distrófico-LVd (49,46%)

Pelo cenário gerado, verifica-se que nas áreas classificadas como de grau de prioridade alto para adequação do uso, a ocupação da terra predominante é de pastagem (31,36%), vindo em seguida de culturas anuais (30,59%). Para

as áreas de prioridade média predomina pastagem (39,15%) seguidos de cultura anual (28,44%) e cana-de-açúcar (23,19%).

As áreas subutilizadas quanto ao potencial agrícola pode ser explicado pela predominância

do uso de pastagens, nas duas classes de prioridade alta e média com (70,51%), onde se encontram em diferentes níveis de degradação. Todavia, quando uma área esta cultivada abaixo do seu potencial agrícola, não quer dizer que o seu uso deva ser intensificado, significa apenas que as terras têm o potencial de uso mais intensivo. A manutenção ambiental dessas áreas é proporcionada através do uso menos intensivo das terras. Tal fato foi verificado na área de estudo de Chaves (2005), onde 48,05% das terras também estavam sendo utilizadas abaixo do potencial agrícola.

Quanto aos solos Tabela 4, verifica-se uma predominância do solo LVd, nas áreas de

prioridade alta, enquanto nas áreas de prioridade média predomina os solos PVAd e LVd. Nesta caracterização devem-se ressaltar os solos sensíveis à erosão, mesmo os solos de menores predominância, como RLd e GXbd, onde é traduzido pelos valores altos de erodibilidade, fazendo com que a predominância quanto a esse índice, recaia sobre a faixa mais problemática, ou seja, erodibilidade muito alta. A erosão é uma das formas mais prejudiciais de degradação do solo, uma vez que reduz a capacidade produtiva das culturas, além de causar sérios danos ambientais, tais como: assoreamento e poluição das fontes de água.

CONCLUSÕES

A Avaliação Multicriterial, em ambiente SIG, é adequada ao mapeamento de áreas prioritárias à adequação do uso das terras em bacias hidrográficas. 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 ocupação territorial, além de servir como um forte instrumento de orientação às políticas públicas

e aos processos coletivos de decisão sobre o uso e cobertura das terras.

Salienta-se que a proposta desta metodologia, onde vários critérios foram utilizados, a seleção e a definição dos pesos referentes a cada um podem variar de acordo com as características da área, com o interesse e o objetivo do estudo. Entretanto, ela possibilitou a integração dos aspectos referentes à legislação com as características da paisagem na avaliação da adequação de uso das terras.

REFERÊNCIAS

1. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 368p.
2. 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, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1983. 47p.
3. CEBALLOS-SILVA, A.; LOPEZ-BLANCO, J. Delineation of suitable areas for crops using a Multi-Criteria Evaluation approach and land-use/cover mapping: a case study in Central Mexico. **Agricultural Systems**, Kidlington, v. 77, n. 2, p. 117-136, 2003.
4. CHAVES, A. A. A. Avaliação do uso e qualidade do solo e da água da região de nascentes do Rio Descoberto, DF. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2005. 92p. Dissertação de Mestrado.
5. 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. . 2, p. 1-22.
6. EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**: Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, 2006. 212 p.
7. 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.
8. 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, 2003.
9. KALISKI, A. D.; FERRER, T. R.; LAHM, R. A. Análise temporal do uso do solo através de ferramentas de geoprocessamento - estudo de caso: município de Butiá/RS. **Revista eletrônica Para Onde** - N.º 7 Julho – Dezembro de 2010, p. 45 – 60.
10. LI, X.; YEH, A. G. O. Urban simulation using principal components analysis and cellular automata for land-use planning. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 68, n. 4, p. 341-351, 2001.
11. LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4. ed. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.
12. MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of**

Geographical Information Science, v. 20, n. 7, August 2006, p. 703–726.

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

14. SAATY, T. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980. 287p.

15. SANTOS, C. R. **Diagnóstico ambiental e uma proposta de uso da bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro – Uberlândia/MG**. 2008. 129p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Uberlândia.

16. SARTORI, A. A. C.; NOSSACK, F. A.; MORAES, D. A. D.; DANTAS, M. J. F.; SILVA, R. F. B.; ZIMBACK, C.R. L. Definição de áreas prioritárias à adequação do uso da terra por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.8725.

17. SEBUSIANI, H. R. V.; BETTINE, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e**

Desenvolvimento Regional. v. 7, n. 1, p. 256-285, jan-abr/2011.

18. TEÓFILO, T. S.; SARTORI, A. A. C.; ZIMBACK, C. R. L. Geotecnologias na adequação do uso da terra para o planejamento agrícola da sub-Bacia do Rio Pardo, SP. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1510.

19. 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.

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

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

Manuscrito recebido em: 04 de Dezembro de 2012

Revisado e Aceito em: 20 de Março de 2014