

**SIG aplicado na adequabilidade do uso da terra, visando a conservação dos recursos hídricos na bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP**

Sérgio Campos<sup>1</sup>  
Marcelo Campos<sup>2</sup>  
Teresa Cristina Tarlé Pissarra<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCA  
CP 297 – 186110-307 - Botucatu - SP, Brasil  
[seca@fca.unesp.br](mailto:seca@fca.unesp.br)

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCA  
17602-496 – Tupã - SP, Brasil  
[Marcelofisica@tupa.unesp.br](mailto:Marcelofisica@tupa.unesp.br)

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCAV  
14884-900 - Jaboticabal - SP, Brasil  
[teresap@fcav.unesp.br](mailto:teresap@fcav.unesp.br)

**ABSTRACT:** The use of geographic information systems (GIS), combined with advanced analysis technique, allows for standardization and integration of data that are typically derived from various sources, allowing them to conduct a joint evaluation of them, providing more efficiency and reliability in the decision making process to promote adaptation of land use. This study aimed to analyze the suitability of agricultural land use in the watershed of the River Capivara, Botucatu, SP, through the Weighted Linear Combination method for the conservation of water resources. The results showed that the Geographical Information System IDRISI Selva combined with advanced analysis technique and the method of weighted linear combination proved to be an efficient tool in the combination of different criteria, allowing the determination of the adequacy of the agricultural land use of less subjective way. Environmental criteria were adequate for the combination and multi-criteria analysis, allowing the preparation of the final map containing different classes of suitability for agricultural use, and may be useful for future regional planning, serving as the basis for decision making by public agencies and environmental agents because the method takes into account the rational use of land and allowing the conservation of water resources.

**Key words:** Multicriteria Evaluation, soil use, Geographical Information System.

## INTRODUÇÃO

Atualmente percebe-se que a questão ambiental vem adquirindo grande importância em caráter mundial, com envolvimento direto da sociedade e de instituições governamentais e privadas. Isto pode ser evidenciado pela preocupação em utilizar os recursos naturais com o mínimo de interferência possível no ambiente para garantir a sustentabilidade e, conseqüentemente, a sobrevivência das futuras gerações. Para isto, é imprescindível conhecer as características destes recursos dentro do ambiente onde estão inseridos, levando em consideração o grau de aptidão para um determinado tipo de uso. Isto permite que os recursos possam ser explorados de forma racional, preservando as suas características naturais e sua capacidade de produção econômica e sustentável, causando o mínimo de dano ao ambiente e às pessoas que dele tiram o seu sustento.

A utilização das terras para o desenvolvimento de atividades como agricultura e pecuária tem causado grandes alterações no meio ambiente, principalmente quando estas são praticadas de forma intensiva, desconsiderando a fragilidade e aptidão dos recursos naturais. Em decorrência desta postura, aparecem impactos significativos no ambiente de produção que são exemplificados pela diminuição da qualidade e disponibilidade de água, pela estrutura e qualidade dos solos, refletindo no deslocamento e aporte de sedimentos, nutrientes, poluentes agroquímicos e dejetos de animais, ocasionando problemas de assoreamento e contaminação dos cursos de água. Dentro deste contexto, é essencial que se planeje as atividades considerando o grau de aptidão e os limites do ambiente a ser explorado.

O planejamento é um processo contínuo que busca as melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Sua finalidade é atingir metas específicas no futuro, sejam elas econômicas e/ou ambientais, a partir de diagnósticos que identifiquem e definam qual o melhor uso.

No planejamento das atividades agrícolas, que envolve a adequação de uso das terras, vários critérios ambientais são envolvidos nos processos de tomada de decisão. Esses critérios podem ser analisados de forma conjunta, utilizando-se técnicas de análise de multicritérios e de geoprocessamento.

O uso de sistemas de informação geográfica, enquanto ferramenta de geoprocessamento, aliado a técnica de análise de multicritérios, possibilita a padronização e a integração de dados, que normalmente são provenientes de diversas fontes, permitindo que se realize uma avaliação conjunta dos mesmos, proporcionando mais eficiência e confiabilidade no processo de tomada de decisão para promover a adequação de uso das terras.

Na microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP), área de estudo, atividades como a agricultura, reflorestamento e a pecuária, muitas vezes, são realizadas em locais inadequados e nem sempre são utilizadas práticas conservacionistas. Observam-se áreas que deveriam ser

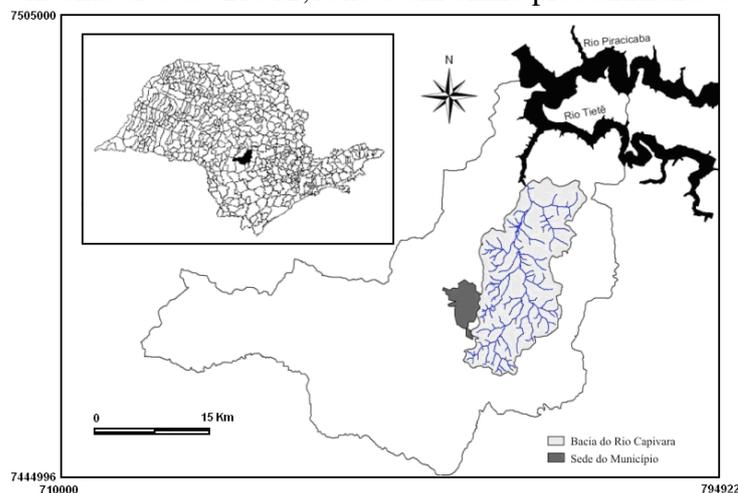
destinadas à preservação permanente como matas ciliares e nascentes, sendo utilizadas para o plantio de culturas anuais e para criação de gado, o que pode comprometer a produtividade e a sustentabilidade sócio-ambiental da comunidade.

Desta forma, este estudo pode proporcionar subsídios teóricos, conceituais e metodológicos para a realização de outros que enfoquem esse tipo de problema, bem como, fornecer ao poder público e a comunidade o diagnóstico da área e seus respectivos usos, visando à tomada de decisões adequadas à solução de possíveis problemas encontrados.

Neste contexto, definiu-se como objetivo geral do estudo analisar a adequação de uso agrícola das terras da microbacia do Rio Capivara, localizada no município de Botucatu, Estado de São Paulo, por meio do método de análise de multicritérios em ambiente de sistema de informação geográfica.

## MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do rio Capivara (Figura 1), está situada no município de Botucatu (SP) entre os paralelos 22° 39' a 22° 57' de latitude S e os meridianos 48° 17' a 48° 29' de longitude W Gr., com uma área de 21912,13ha e um clima predominante do tipo Cfa.



**Figura 1.** Localização da microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

Os solos ocorrentes na área foram classificados como: LATOSSOLOS VERMELHOS-AMARELOS (LVA); LATOSSOLOS VERMELHOS (LV); NEOSSOLOS LITÓLICOS (RL) e NEOSSOLOS QUARTZARÊNICO ARGISSÓLICO E LITÓLICO (RQ), segundo Piroli (2002).

No mapeamento do uso da terra foram empregadas as bandas 3, 4 e 5 das imagens digitais obtidas pelo Sensor TM do Landsat 5, órbita/ponto, 220/76 de 3/11/2010, no sistema UTM – Córrego Alegre, sendo as classes de uso definidas pelo .

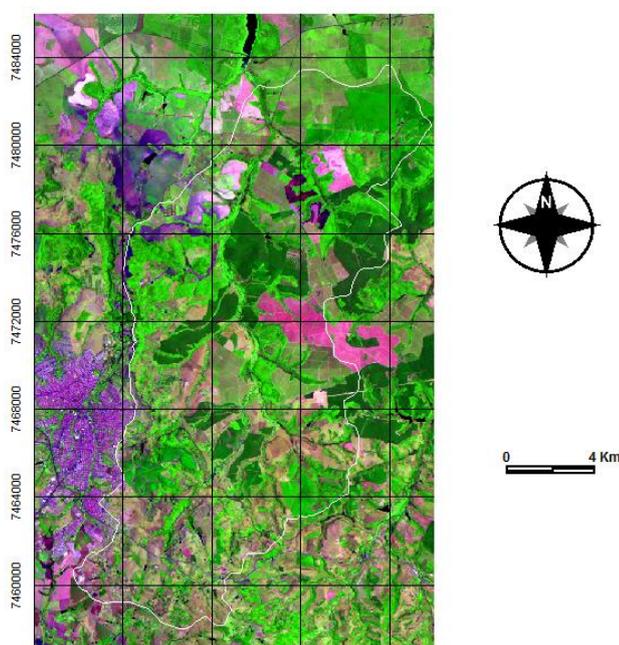
O mapa da rede de drenagem foi obtido a partir da carta planialtimétrica de Botucatu (IBGE, 1969). Deste, foram obtidos as curvas de nível (20 em 20m) e os pontos cotados, em formato de arquivo vetorial. As curvas e os pontos cotados foram importados para o SIG para a elaboração do MNT.

O mapa planialtimétrico foi obtido a partir da da carta planialtimétrica de Botucatu (IBGE, 1969). Desta, foram obtidos as curvas de nível (10 em 10m) e os pontos cotados, em formato de arquivo vetorial (extensão BMP). As curvas e os pontos cotados foram importados para o SIG para a elaboração do MNT.

O mapa da rede viária também foi obtida da carta planialtimétrica de Botucatu (IBGE, 1969).

Na análise da adequação de uso das terras da microbacia foram utilizados os seguintes dados: capacidade de uso do solo, uso da terra, declividade, áreas de preservação permanentes (APPs) e estradas.

No mapeamento de uso da terra (Figura 2) foi utilizada a imagem Landsat 7-ETM+ georreferenciada, bandas das faixas do vermelho visível, infravermelho próximo e infravermelho médio do espectro (3, 4 e 5) para elaboração da composição RGB-543, visando facilitar a interpretação visual da imagem e a tomada das amostras de treinamento, por meio de digitalização de polígonos em tela sobre as áreas representativas de cada classe de uso da terra: vegetação nativa, cultivo anual, solo exposto/plantio recente, pastagem, água e estradas. A etapa seguinte consistiu na classificação automática no SIG, empregando-se o algoritmo de máxima verossimilhança, com a opção de igual probabilidade de ocorrência para cada assinatura espectral e uma proporção de exclusão dos *pixels* de 0% classificando, desta forma, todos os *pixels* da imagem.



**Figura 2.** Imagem Landsat TM 5, órbita 220, ponto 76, composição RGB – 543.

O mapa de declividade permitiu verificar que na região de estudo predomina um relevo moderadamente ondulado, ou seja, 44,03% da área possui uma declividade que varia de 6 a 12%. Apenas 3,62% da área apresenta um relevo plano, variando de 0 a 3%. As áreas com terreno mais movimentado são caracterizadas por relevo ondulado (12 a 20%), forte ondulado (20 a 45%) e montanhoso (declive >45%) que representa a menor parte da área, correspondendo a 0,64% do total.

Para este estudo foram identificados dois grupos de critérios: os que conferem uma restrição total à exploração agrícola das terras, independente do uso ou manejo do solo, e aqueles que apresentam graus de aptidão para o mesmo fim (denominados de fatores). Assim, foram consideradas como restrições: os corpos d'água, as áreas de preservação permanentes (APPs) e as estradas. Para a elaboração desses mapas foi utilizada uma escala *Booleana*, atribuindo-se o valor 0 para as restrições e 1 para os demais.

Os critérios referentes às APPs foram estabelecidos com base na resolução N°. 303 do CONAMA (2002) e na Lei Federal N°. 4.771 (BRASIL, 1965).

Ao contrário das restrições, que apresentam os limites bem definidos (adequado ou inadequado), os mapas de fatores determinam superfícies contínuas, que representam uma

variação gradual da adequação de uso das terras, com base numa escala crescente de valores que vai de 0 (menos adequado) a 255 (mais adequado), sendo considerados como fatores a aptidão agrícola, o uso da terra e a declividade e estabelecidos 4 classes de adequação de uso: alta, média, baixa e restrita.

As classes com diferentes graus de aptidão para lavoura, 1ABC, 1(a)BC e 1abc foram agrupadas numa única classe e receberam o valor de 255 (alta adequação de uso). Para a classe 2(b)c (aptidão regular para lavoura) foi estabelecido um valor de 170 (média). A classe com aptidão para pastagem (4P) recebeu o valor de 85 (baixa) e a classe 6 (sem aptidão agrícola) o valor 0 (restrita).

Para o fator uso da terra utilizou-se como critério de avaliação o maior ou menor grau de proteção contra a erosão que cada tipo de cobertura vegetal (uso atual) proporciona ao solo (Bertoni e Lombardi Neto, 1990). As áreas cobertas por vegetação nativa e pastagem foram atribuídos os valores: 255 (alta) e 170 (média), respectivamente. As áreas com cultivo anual e solo exposto (recém plantado), agrupadas numa única classe, receberam o valor 85 (baixa adequação), por serem destinadas para o cultivo anual.

Para o fator declividade utilizou-se como critério o intervalo de classes estabelecido no sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras, proposto por Ramalho Filho e Beek (1995). Essas classes permitiram inferir que as declividades abaixo de 20% são as mais adequadas para a utilização agrícola, de 20% a 45% conferem uma baixa adequação por apresentarem dificuldades para o preparo do solo e para a mecanização, enquanto que 45% são consideradas inadequadas para essa atividade, devendo ser destinadas para outros usos.

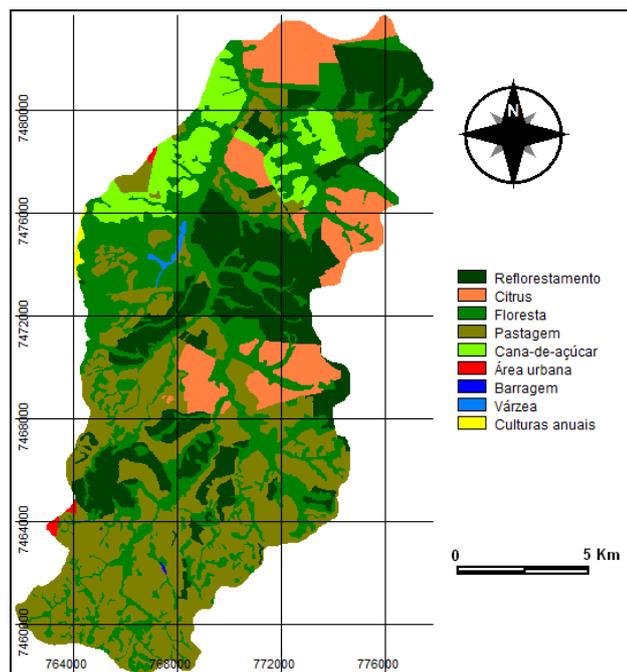
A etapa seguinte consistiu em ponderar a influência de cada um no processo de avaliação da adequação de uso das terras.

A ponderação foi realizada utilizando-se uma matriz de comparação pareada, onde cada célula é preenchida com um valor de julgamento que expressa a importância relativa entre pares de critérios. A definição dos valores de importância entre os critérios determina os dados de entrada na matriz e, a partir deles, são calculados os pesos ponderados dos fatores (autovetor da matriz) e a consistência do julgamento da matriz (máximo autovalor da matriz). Desta forma, foi construída uma matriz de comparação pareada no SIG utilizando-se como base uma escala contínua de 9 pontos que traduz a importância relativa entre eles: 1/9 (Extremamente), 1/7 (fortemente), 1/5 (forte); 1/3 (pouco); 1 (igual importância); 3 (pouco); 5(forte); 7 (fortemente); 9 (extremamente). Com base nesta escala, foi elaborada a matriz de pesos, conforme mostra a Tabela 2.

Depois de comparar os fatores, dois a dois, foram calculados os pesos para cada um, por meio do método AHP (*Analytical Hierarchy Process* - Processo de Análise Hierárquica). Esse procedimento foi realizado por meio do SIG, o qual apresenta uma estrutura similar ao método de Saaty (1980). Além dos pesos, o programa permite calcular a razão de consistência da matriz que, segundo Saaty e Vargas (1991) deve ser menor que 0,1. A razão de consistência (RC) indica a probabilidade que as avaliações da matriz foram geradas aleatoriamente.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise do uso da terra da microbacia do Rio Capivara – Botucatu -SP (Figura 3 e Tabela 1) mostra que as pastagens são as coberturas vegetais que ocupam a maior parte da área, representando 31,56%, ou seja, cobrem 6915,79ha, mostrando com isso a predominância da agropecuária regional (Campos, 1993).



**Figura 3.** Uso da terra da microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

**Tabela 1.** Uso da terra ocorrente na microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

Classes de Uso da Terra	Área	
	Há	%
Reflorestamento	4384,08	20,01
Citrus	2331,65	10,64
Floresta	6708,96	30,62
Pastagem	6915,79	31,56
Cana-de-açúcar	1424,80	6,50
Área urbana	46,06	0,21
Barragem	4,24	0,02
Várzea	53,16	0,24
Cultura anual	43,39	0,20
Total	21912,13	100,00

As áreas de reflorestamento cobrindo 20,01% da microbacia (4384,08ha), vem crescendo em função da tendência desta região para os plantios florestais pois é uma área de solos de baixa fertilidade o que inviabiliza culturas agrícolas que necessitam de solos mais férteis. Cardoso comprovou em 1988 que a cobertura do solo por reflorestamento foi eficiente na proteção da rede de drenagem em regiões com processos erosivos. Nesse sentido, Coelho (1968) já afirmava que como as derrubadas de matas naturais não são impedidas e sua regeneração é lenta, a eucaliptocultura atende não só as necessidades econômicas, como se constitui numa forma de proteção contra o processo erosivo, pois para Vieira (1978), essa cobertura vegetal tem grande influência nos processo de escoamento, atuando no mecanismo hidrológico, retardando e desviando o escoamento superficial e conseqüentemente a erosão.

O reflorestamento para Campos (1997) deve ser cada vez mais incrementado na região como forma de proteção racional integrada da área, principalmente, porque essas atividades mostram ótimos retornos econômicos para a região.

As florestas com 30,62% mostram que a área vem sendo conservada ambientalmente.

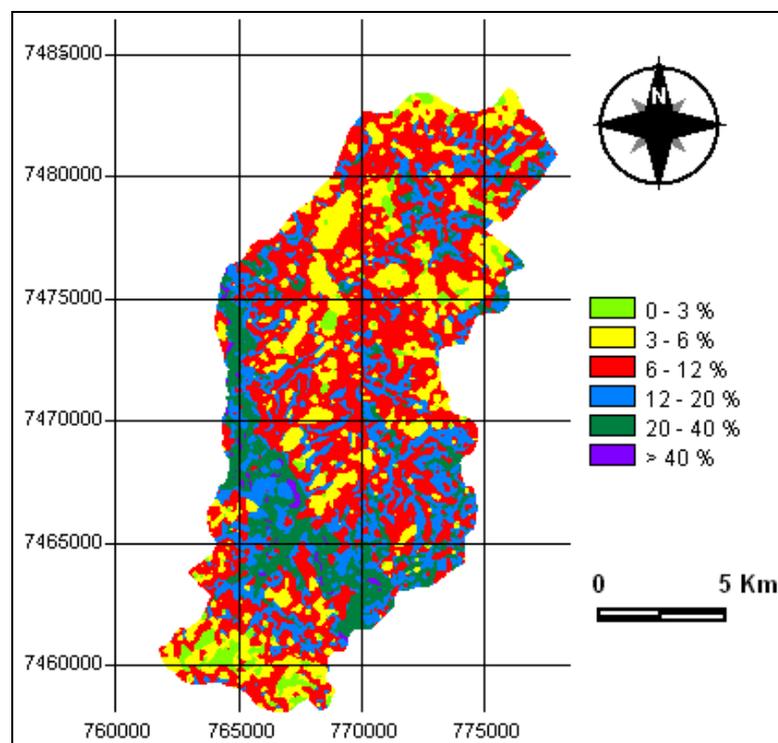
O Código Florestal Brasileiro (1965) determina que a reserva mínima de florestas deva ser de 20%. Este é um parâmetro muito importante, pois de acordo com Rocha (1991), as

florestas são fundamentais no controle de erosão e de enchentes, pois quando situadas em locais adequados são fundamentais na recarga do lençol freático. As transformações na cobertura vegetal acontecem de forma dinâmica na microbacia, ao longo do tempo, com a região sofrendo mudanças nas paisagens, caracterizadas principalmente pela expansão da pastagem.

Os dados obtidos permitem uma análise acerca da preservação ambiental dessa área, uma vez que a microbacia do Rio Capivara vem sendo conservada ao longo dos anos, pois as florestas, representam 30,62% da área. Estas são formadas por matas ciliares, zonas de cerrado e de florestas propriamente ditas.

As manchas de vegetação nativa encontradas na microbacia estão associadas, em grande parte, aos cursos de água (APPs) e às áreas de maior declive próximas ao divisor de águas.

A declividade (Figura 4 e Tabela 2) em intervalos de classes estabelecidos em função do grau de limitação do terreno por suscetibilidade à erosão, segundo Lepsch et al (1991).



**Figura 4.** Carta clinográfica da microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

**Tabela 2.** Classes de relevo e de declividade da microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

Classes de relevo	Classes de declive (%)	Área	
		Há	%
Plano	0 – 3	793,00	3,62
Suavemente ondulado	3 – 6	4035,50	18,42
Moderadamente ondulado	6 – 12	9647,80	44,03
Ondulado	12 – 20	4571,30	20,86
Forte ondulado	20 – 40	2723,50	12,43
Montanhoso	> 40	141,03	0,64
Total		21912,13	100,00

O mapa de declividade permitiu verificar que na região de estudo predomina um relevo moderadamente ondulado, ou seja, 44,03% da área possui uma declividade que varia

de 6 a 12%. Apenas 3,62% da área apresenta um relevo plano, variando de 0 a 3%. As áreas com terreno mais movimentado são caracterizadas por relevo ondulado (12 a 20%), forte ondulado (20 a 40%) e montanhoso (declive >40%) que representa a menor parte da área, correspondendo a 0,64% do total.

Os declives de 0 a 12% correspondem a 66,07% da área total da microbacia. Esses locais são indicados para o plantio de culturas anuais com uso de práticas de conservação do solo (como por exemplo, o plantio em nível) para controlar o processo de erosão (Ramalho e Beek, 1995).

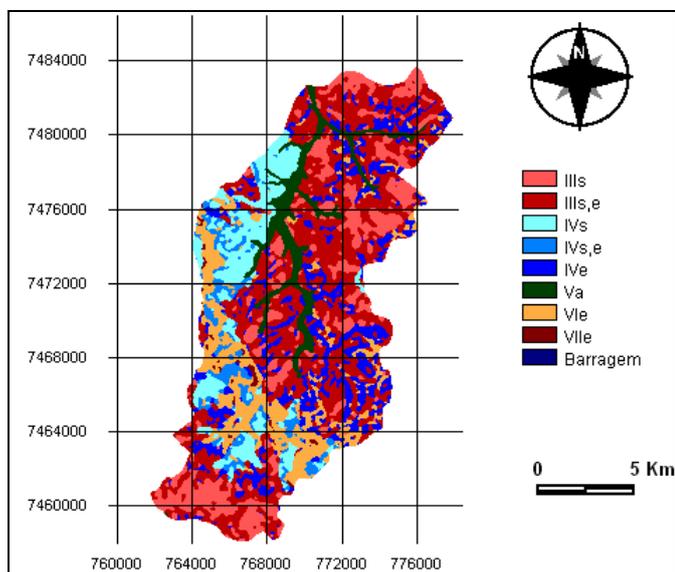
As áreas onde o relevo é ondulado (12 a 20%) são mais indicadas para a exploração de culturas permanentes, uma vez que esse tipo de plantio proporciona ao solo maior proteção. Já as áreas de relevo forte ondulado (20 a 40%), devem ser destinadas para o desenvolvimento de atividades como pecuária e silvicultura, podendo ainda ser utilizadas para a conservação ambiental, evitando-se dessa forma, problemas de erosão do solo.

Os locais com declividades acima de 40% representam somente 0,64% da microbacia. Essas terras são caracterizadas como de relevo montanhoso e escarpado e apresentam severa suscetibilidade à erosão, não sendo recomendadas para o uso agrícola, sob pena de serem erodidas em poucos anos (Ramalho e Beek, 1995). Nessas áreas, segundo os autores, deve ser estabelecida uma cobertura vegetal de preservação ambiental.

Considerando apenas o fator declividade é possível inferir que as terras da microbacia são quase que totalmente agricultáveis, pois 86,93% da área apresenta uma declividade que varia de 0 a 20%, próprias para o cultivo de culturas anuais, permanentes e pastagem.

Essas características de relevo corroboram com os resultados apresentados anteriormente com relação ao uso das terras, que mostram a predominância das atividades agrícolas na área de estudo.

As subclasses de capacidade de uso do solo III<sub>s</sub> e III<sub>e,s</sub> (Figura 5 e Tabela 3) foram as mais significativas, predominando em mais da metade da área da microbacia (51,49%). Estas subclasses abrangem solos de textura arenosa/média até argilosa, de fertilidade aparente variando de baixa a média, sendo caracterizadas, segundo Lepsch et al. (1991) como sendo terras próprias para lavouras em geral mas que, quando cultivadas sem cuidados especiais, ficam sujeitas a severos riscos de depauperamento, principalmente no caso de culturas anuais. Requerem medidas intensas e complexas de conservação do solo, a fim de poderem ser cultivadas segura e permanentemente, com produção média a elevadas, de culturas anuais adaptadas.



**Figura 5.** Carta de capacidade de uso do solo da microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

**Tabela 3.** Classes de capacidade de uso do solo da microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

Classes de capacidade de uso do solo	Área	
	ha	%
III <sub>s</sub>	3578,00	16,33
III <sub>s,e</sub>	7681,28	35,06
IV <sub>s</sub>	2099,70	9,58
IV <sub>e</sub>	3226,44	14,73
IV <sub>s,e</sub>	1048,25	4,78
V <sub>a</sub>	1437,45	6,56
VI <sub>e</sub>	2719,63	12,41
VII <sub>e</sub>	121,38	0,55
Total	21912,13	100,00

As demais subclasses de capacidade de uso do solo IV<sub>s</sub>; IV<sub>s,e</sub>; IV<sub>e</sub>; V<sub>a</sub>; VI<sub>e</sub> e VII<sub>e</sub> representam, respectivamente, 9,58% (2099,70ha); 4,78% (1048,25ha); 14,73% (3226,44ha); 6,56% (1437,45ha); 12,41% (2719,63ha) e 0,55% (121,38ha) da área da microbacia, sendo terras de baixa a média fertilidade aparente, apresentando-se, segundo Lepsch et al. (1991), como terras limitadas por riscos medianos a severos de erosão em cultivos intensivos, com declividades acentuadas, com deflúvio muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito freqüentes, em sulcos rasos freqüentes ou em sulcos profundos ocasionais. Nestas classes são indicadas culturas permanentes protetoras do solo, não podendo tais áreas serem ocupadas com culturas anuais, apresentando dificuldades severas à motomecanização.

Este item apresenta a análise dos critérios de restrição e de fatores (Tabela 4) utilizados para a avaliação da adequação de uso das terras da microbacia em estudo.

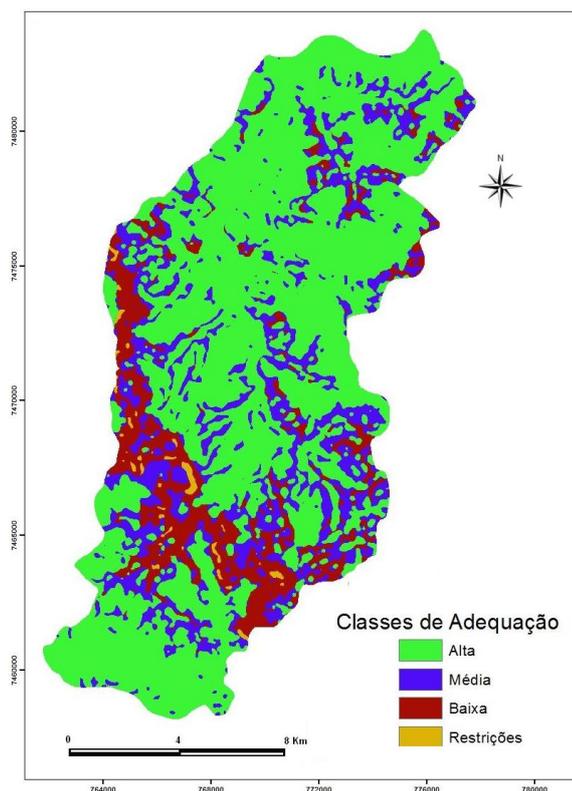
**Tabela 4.** Áreas de restrições de uso agrícola das terras da bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

Restrições	Área	
	ha	%
Áreas de preservação permanente	3069,45	14,01
Barragem	4,24	0,02
Estradas	23,26	0,11
Área urbana	46,06	0,21
Total	3143,01	14,35

As áreas de restrições compreenderam 3143,01ha, o que corresponde a 14,34% da área total da microbacia. Sendo que deste total, 3069,45ha enquadra-se como áreas de preservação permanente.

A seguir são discutidos os mapas de fatores (aptidão agrícola, declividade e uso da terra) utilizados para alimentar o processo de análise de multicritérios para a determinação do grau de adequação de uso das terras.

A Figura 6 e a Tabela 5 permitiram mostrar que o mapa de fator declividade normalizado para escala de zero (0) a 255 *bytes* e representado em classes de adequação de uso, que variam da mais baixa para a mais alta, em relação à suscetibilidade à erosão e ao impedimento à mecanização.



**Figura 6.** Mapa de fator declividade em classes de adequação de uso agrícola da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

**Tabela 5.** Classes de adequação de uso em relação ao fator declividade da microbacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

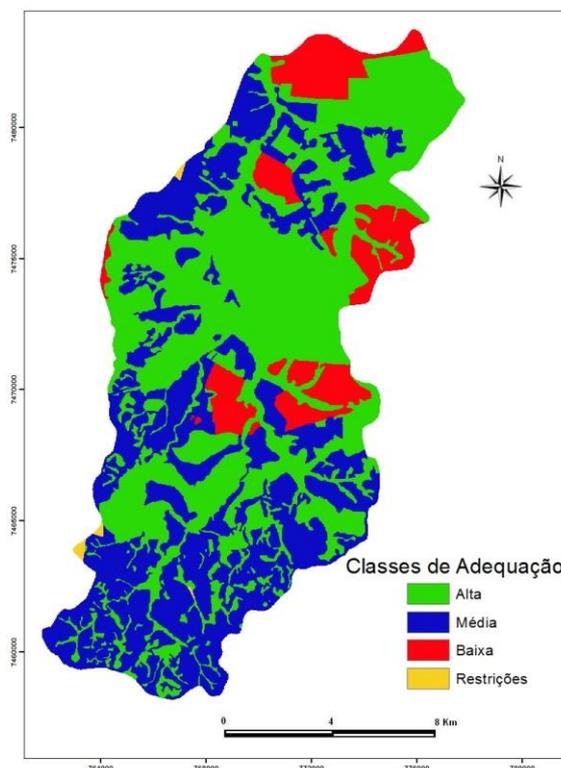
Classes de Adequação de Uso	Área	
	(ha)	(%)
Alta	10440,97	47,65
Média	8607,01	39,28
Baixa	2723,56	12,43
Restrições	140,59	0,64
<b>21912,13</b>	<b>1.681,00</b>	<b>100,00</b>

Os resultados apresentados na Figura 13 e na Tabela 12 demonstram que, cerca de 48% da área apresenta um relevo que varia de plano a moderadamente ondulado (declive de 0 a 12%), sendo classificada como de alta adequação de uso agrícola. As áreas consideradas de média adequação de uso compreendem 39,28% da microbacia e, foram assim classificadas em decorrência do relevo ser ondulado (declive de 12 a 20%), apresentando uma forte suscetibilidade à erosão e por necessitar de práticas intensivas de controle.

As áreas consideradas de baixa adequação de uso representam 12,43% da microbacia. Essas áreas possuem um relevo forte ondulado (declive de 20 a 40%), tendo o seu uso agrícola muito restrito, onde na maioria dos casos o controle da erosão é muito dispendioso, sendo, portanto, mais indicadas para usos menos intensivos como: culturas permanentes, pastagem, silvicultura e preservação da flora e da fauna.

Com apenas 0,64% aparecem às áreas com restrição total ao uso agrícola em função da declividade do terreno ser maior que 45% e, conseqüentemente de alta suscetibilidade à erosão e com fortes impedimentos à mecanização.

A Figura 7 e a Tabela 6 mostram que o mapa de fator uso da terra, normalizado para escala de zero (0) a 255 *bytes*, representam as classes de adequação de uso que variam da mais baixa para a mais alta.



**Figura 7.** Mapa de fator uso da terra em classes de adequação de uso agrícola da bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

**Tabela 6.** Classes de adequação de uso em relação ao fator uso da terra da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

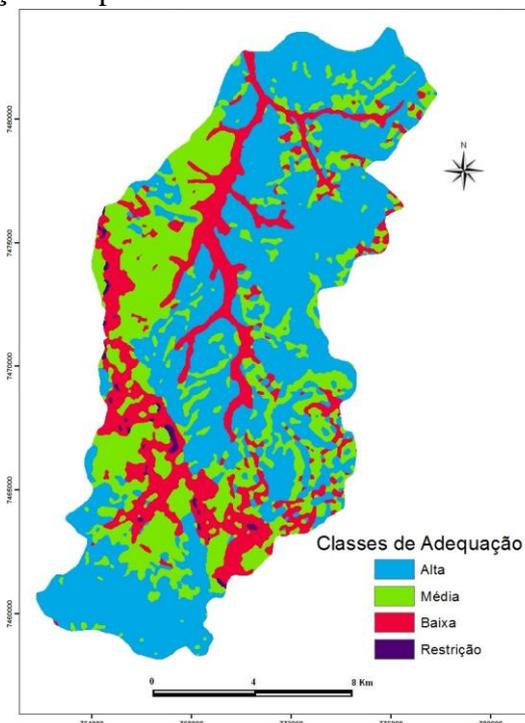
Classes de Adequação de Uso	Área	
	h	%
Alta	11139,33	50,84
Média	8346,76	38,09
Baixa	2375,21	10,84
Restrições	50,83	0,23
Total	21912,13	100,00

As áreas da microbacia que apresentam graus de adequação de uso (0 a 255) em relação à cobertura vegetal (uso atual), mostram em função da proteção que cada cobertura vegetal proporciona ao solo contra os processos de erosão, sendo que, o grau de proteção do solo aumenta dos usos mais intensivos para os mais conservacionistas, ou seja, das áreas com cultivo anual, para pastagem e vegetação nativa, respectivamente.

Analisando a Figura 8 e a Tabela 7 observa-se que 10,84% da área da microbacia apresenta uma baixa adequação de uso em função da menor proteção do solo proporcionada pelo uso com culturas anuais. Com aproximadamente 38,09% aparecem as áreas com média adequação, associadas ao cultivo de pastagens. Por fim, 50,84% apresenta uma alta adequação de uso definida por uma cobertura mais densa e permanente (vegetação nativa) que, segundo Galetti (1973), Bertoni e Lombardi Neto (1990), Lepsch (2002) confere uma maior proteção ao solo contra os processos de erosão.

As áreas de restrição correspondem a 0,23% e estão associadas aos corpos de água (açudes) e estradas existentes na microbacia.

A Figura 8 e Tabela 7 apresenta o mapa de capacidade de uso das terras normalizado para escala de zero (0) a 255 bytes, onde as classes variam da mais baixa para a mais alta adequação de uso em relação à capacidade de uso das terras.



**Figura 9.** Mapa de fator capacidade uso das terras em classes de adequação de uso agrícola das terras da bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

**Tabela 7.** Classes de adequação de uso em relação ao fator capacidade de uso das terras da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP)

Classes de Adequação de Uso	Área	
	(ha)	(%)
Alta	3577,99	16,33
Média	14055,69	64,15
Baixa	4157,08	18,97
Restrições	121,37	0,55
Total	21912,13	100,00

A análise dos dados (Tabela 8) permitiu constatar que 16,33% da área possui uma alta adequação de uso agrícola, porque nesse local ocorrem as melhores terras para o plantio de culturas anuais (espécies mais exigentes com relação à aptidão do solo). Neste caso, subentende-se que, com essa aptidão, as terras também podem ser destinadas para outros usos menos intensivos, tais como: pastagem, silvicultura e preservação da flora e da fauna.

A classe de média adequação de uso corresponde a 64,15% da microbacia e está relacionada às terras que apresentam uma aptidão regular para o cultivo de culturas anuais e limitações moderadas para a produção sustentada, considerando as condições de manejo. Já as terras definidas como de baixa adequação de uso agrícola compreendem 18,97% da microbacia e estão associadas à classe de aptidão boa para o cultivo de pastagem plantada, apresentando certa restrição para um uso mais intensivo. Salienta-se que nessa restrição está sendo analisada apenas a aptidão das terras, sem considerar o manejo.

Por fim, 0,55% da microbacia foi considerada restritiva, porque nesse local as terras não apresentam aptidão para o uso agrícola.

Os pesos de cada fator, calculados a partir da matriz de julgamento estão relacionados na Tabela 8. A razão de consistência (RC) dos pesos encontrada para este estudo foi de 0,03, indicando que o julgamento apresentou consistência aceitável, ou seja, menor que 0,1 (10%) conforme Saaty e Vargas (1991).

**Tabela 8.** Pesos calculados para cada fator a partir da matriz de comparação pareada.

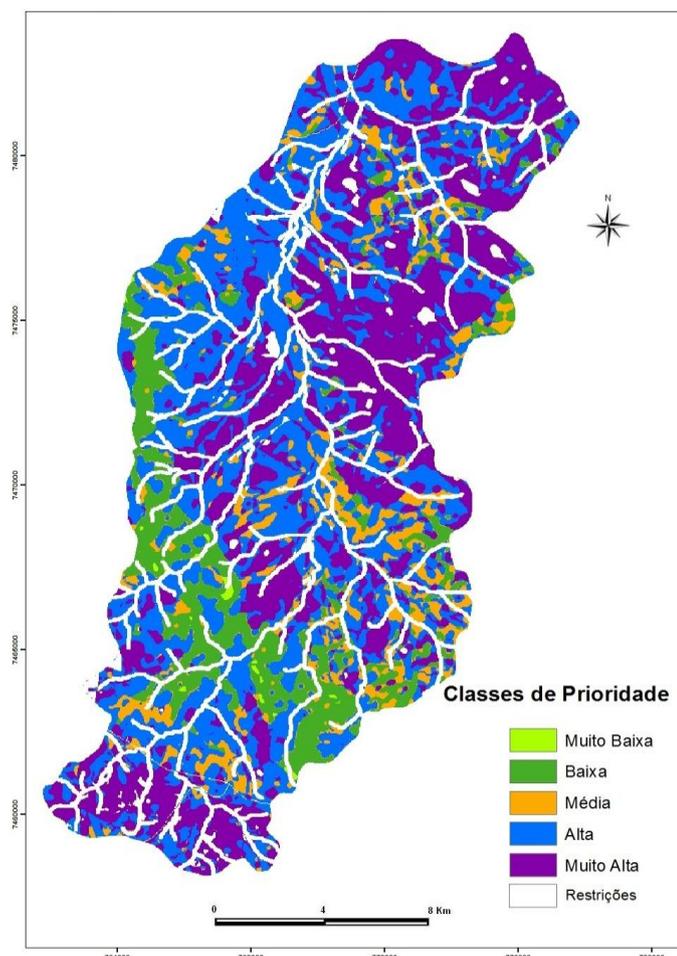
Fatores	Pesos
Uso e ocupação da terra	0.07
Declividade	0.26
Capacidade de uso da terra	0.65
Total	1,00

Analisando a Tabela 8 observa-se que os fatores capacidade de uso da terra e declividade apresentaram pesos maiores (0,65 e 0,26) em relação ao uso da terra (0,07). Estes valores refletem os pesos apresentados na Tabela 9, que expressam a importância relativa de cada critério (fatores), analisado neste estudo, para a determinação do grau de adequação de uso das terras da microbacia.

O resultado da ponderação relativa entre os fatores permitiram realizar a avaliação dos multicritérios, utilizando o método de Combinação Linear Ponderada, por meio do módulo *MCE (Multicriteria Evaluation)*, resultando uma imagem de decisão padronizada na escala de valores de 0 a 255, que representam o grau de adequação de uso das terras.

A análise do mapa de adequação de uso das terras para a exploração agrícola, resultante da avaliação conjunta entre os múltiplos critérios ambientais adotados para o propósito deste estudo, mostrou como resultado da combinação entre os critérios (fatores e restrições), obteve-se um mapa que representa uma superfície de adequação, com valores variando de zero (0) a 255, sendo zero (0) o valor de restrição total à exploração agrícola das terras, aumentando gradativamente até 255, valor de alta adequação para o mesmo fim.

A Figura 10 e Tabela 9 mostra o mapa final classificado em seis classes de adequação de uso das terras (restrita, muito baixa, baixa, média, alta e muito alta).



**Figura 10.** Mapa de classes de adequação de uso agrícola das terras da bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

**Tabela 9.** Classes de adequação de uso das terras da bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

Valores de adequação	Classes de Adequação de Uso	Área	
		(há)	(%)
0	Muito Baixa	57,57	0,26
51	Baixa	2372,98	10,83
102	Média	1775,87	8,11
153	Alta	7941,78	36,24
204	Muito alta	6620,92	30,22
255	Restrições	3143,01	14,34
Total	Total	21912,13	100

As áreas determinadas como de alta adequação de uso agrícola apresentam-se distribuídas ao longo de toda microbacia, porém mais na parte sudoeste. As áreas de média adequação ocorrem por toda área. Enquanto que as áreas definidas como baixa adequação, aparecem distribuídas na porção noroeste da microbacia, pois a maior concentração nessa área, seja devido a presença do relevo que varia de ondulado, forte ondulado a montanhoso.

Os dados mostram que 30,22% da microbacia têm uma muito alta adequação de uso agrícola; 36,24% alta; 8,11% média, 10,83% baixa; 0,26% muito baixa e 14,34% restrita, bem como, demonstram que 11,09% da área foi estabelecida como de baixa/muito baixa adequação (valores de 1 a 102). Neste caso, o valor atribuído ao fator à capacidade de uso das terras (valor 0) influenciou fortemente o resultado, uma vez que as terras ocorrentes nessa

região, pertencem à classe de capacidade de uso das terras VIIe, ou seja, inaptas para uso agrícola. Entretanto, algumas dessas áreas apresentam uso adequado quanto à cobertura vegetal (vegetação nativa), conforme mostra o mapa da Figura 8 e, foram classificadas como de baixa adequação de uso agrícola em função da aptidão, nestes locais, apresentar valor zero (0).

As áreas consideradas muito alta/alta adequação de uso (Figura 9 e Tabela 8) coincidem com as terras pertencentes às classes definidas como de média e alta capacidade de uso das terras (III, III,e e IVs. Ainda, esse mesmo mapa, quando comparado ao mapa de declividade, permite verificar que, nessas áreas, a declividade varia de plana a moderadamente ondulada (declive de 0 a 12%), consideradas, portanto, de alta adequação para a exploração agrícola das terras.

As áreas de total restrição, independente do uso ou manejo do solo, representam 14,34% da área total da microbacia. Essas áreas compreendem as APPs, barragem, estradas, área urba e rede de drenagem.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir quanto ao fator capacidade de uso das terras, que a área parcial da microbacia (16,42%) apresentou um alto grau de adequação de uso. Assim, as terras apresentam potencialidades para o plantio de culturas anuais (uso mais intensivo).

A área de estudo (66,07%) apresenta um relevo que varia de plano a moderadamente ondulado, considerado de alta adequação para o uso agrícola, por não apresentar impedimento à mecanização e baixa suscetibilidade à erosão.

O muitobaixo/baixo grau de adequação de uso conferido a maior parte das (18,94%) das terras da bacia, em termos de cobertura vegetal (uso atual), pode ser atribuído ao plantio intensivo com cultura anuais, uma vez que confere ao solo uma menor proteção contra a erosão.

Os critérios ambientais utilizados mostraram-se adequados para a combinação e análise multicriterial, permitindo a elaboração do mapa final contendo diferentes classes de adequação de uso agrícola.

O sistema de informação geográfica Idrisi Taiga aliado a técnica de análise de multicritérios e ao método de combinação linear ponderada mostrou ser uma ferramenta eficiente na combinação dos diferentes critérios, permitindo a determinação da adequação do uso agrícola das terras de forma menos subjetiva.

A integração dos critérios num único mapa permitiu a análise global de todos os fatores facilitando a tomada de decisão sobre o melhor uso dado a terra possibilitando, de forma, escolha mais racional do ponto de vista ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BRASIL. Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Código florestal. 1965. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/conama>> Acesso em 06 de outubro de 2005
- GALETI, P. A. Conservação do solo: reflorestamento – clima. 2 ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 286p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cartas do Brasil**. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de Botucatu, 1969.
- LEPSCH, J.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras

- no sistema de capacidade de uso. Campinas, **Soc.Bras.Cien.do Solo**, 2001.175p.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. L. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3ª ed ver. – Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1995. 65p.
- ROCHA, J. S. M., SILVA, S.M.J.M. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Santa Maria: UFSM, 2001. 302p.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v.15, n.3, p. 234-281, 1977.
- SAATY, T. L. The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill, 1980. 287p.
- SAATY, T. L; VARGAS, L. G. Prediction. Projection and forecasting. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA. 1991. 251p.