

Diferença na alocação de uma reserva legal de critérios ambientais versus uma de critérios técnico-econômicos com o uso de ferramentas de SIG

Paulo Guilherme Molin¹
José Luis Stape¹

¹ Universidade de São Paulo - USP/ESALQ
Av. Pádua Dias 11 - 13400-000 – Dept. Ciências Florestais - Piracicaba - SP, Brasil
{molin, stape}@esalq.usp.br

Abstract. Natural legal reserves are an important method of preserving our natural resources for future generations. Unfortunately the most common ways in which they are defined are not always the most effective preserving methods. Farmers usually make this decision based on what the eye can see, which usually is an economical criteria. This paper shows the difference in allocation between a natural legal reserve based on environmental preservation criteria versus one based on economical and technical criteria. Both of them were worked on using GIS which also showed how important this tool is for allocating this kind of reserves on farms.

Palavras-chave: natural legal reserve, spatial analyst, multi-criteria, environmental, economic, reserva legal, analise espacial, multi-criterial, ambiental, econômico.

1. Introdução

Conforme o Código Florestal Brasileiro (VENTURA 1992), qualquer propriedade rural no Brasil, maior que 50 hectares, deve conter uma reserva legal. No caso do Estado de São Paulo esta corresponde a 20% da área total. Tecnicamente, a área a ser destinada à reserva deve atender a critérios ecológicos de preservação ambiental. No entanto, usualmente, as reservas legais são selecionadas e definidas utilizando critérios econômicos como áreas improdutivas, banhadas ou com presença de pedras. Dependendo do caso, essas decisões são extremamente prejudiciais à futura formação vegetal, pois influenciam no resultado satisfatório ou não da reserva. A utilização de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para determinar uma reserva legal, resulta num estudo mais dinâmico, automático, objetivo e visual o que leva a uma restauração com maior probabilidade de acerto (VALENTE 2005).

SIGs são aplicativos que permitem a criação, manipulação e extração de informações geográficas por meio de banco de dados onde a informação é associada às suas coordenadas geográficas. O banco armazena e permite a geração de consultas e relatórios visuais personalizáveis, agilizando e otimizando a tomada de decisão (MOREIRA 2003). O uso específico de ferramentas de classificação de imagem supervisionada é um grande passo em direção à maior dinâmica de trabalho (VALENTE 2005). Outra ferramenta que surgiu e mudou o modo de se trabalhar com dados geográficos é o Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System ou GPS) (HOFMANN-WELLENHOF et al. 1992). Para Mônico (2000) o sistema resultante da integração de GPS e SIG é extremamente poderoso. Enquanto um GPS proporciona meios de obtenção de dados precisos e com registro digital, o SIG permite análises a partir dos dados coletados, auxiliando na tomada de decisões.

Por meio de SIG, é possível determinar, via foto aérea, qual é a ocupação atual do solo na propriedade, mas são muitos subjetivos os critérios para definir os locais para se implantar a Reserva Legal. Ferraz et al. (2003) utilizando informações como solos, uso da terra, declividade, proximidade de rios e lagos, proximidade de mata nativa, suscetibilidade à erosão e fertilidade dos solos, produziram um SIG para auxiliar na identificação de áreas para recomposição florestal utilizando princípios de ecologia de paisagem. Segundo o estudo, o

resultado final pode auxiliar ainda no planejamento da alocação de novas áreas para composição da Reserva Legal.

Propôs-se neste trabalho, desenvolver indicadores para a tomada de decisão do melhor local ou locais para a Reserva Legal utilizando indicadores que incluem aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A hipótese do trabalho é de que as Reservas Legais sugeridas por critérios puramente técnicos ou econômicos são distintas daquelas sugeridas por critérios ambientais.

2. Material e métodos

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, da USP/ESALQ, que possui aproximadamente 2120 ha cobertos de eucaliptos e mata nativa. A estação esta localizada no município de Itatinga, SP, nas coordenadas 23° 03' S e 48° 38' W, a uma altitude variando de 745m a 853m. Foram utilizadas três fotos aéreas obtidas em 2000 pela empresa BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A. a uma escala de vôo de 1:25000.

A primeira etapa consistiu no georreferenciamento das fotos que cobrem a área da Estação Experimental, com o uso do programa ERDAS IMAGINE 8.6. Em seguida foi executada a digitalização completa dos contornos da área de experimento e das divisões de interesse para o trabalho. Estas foram delimitadas utilizando uma plataforma de integração de SIG (ArcView 3.3), resultando em vários componentes do uso atual do solo como micro bacias primárias e secundárias, nascentes, rios, APP, represas, remanescentes florestais, carregadores, talhões, experimentos, área urbanizada, rodovias, classificação de matas, mapa de solo e altimetria (GONÇALVES 2003). Para complementar a digitalização foram feitas visitas a campo, percorrendo a área com um receptor de GPS.

Posteriormente foi definido o sistema de tomada de decisão, onde cada componente identificado foi analisado individualmente e posteriormente num sistema integrado de layers. Definiu-se critérios que foram divididos em duas funções, a primeira sendo ambiental e a segunda econômica/técnica. A segunda função é fundamentada na visão de um produtor e a primeira, do ponto de vista ecológico.

Para o desenvolvimento dos critérios foram utilizados “layers” (shapefiles - ArcView) previamente criados durante a primeira etapa. Estes “layers” ou conjunto de “layers” passaram por um processo na extensão do Arcview chamada Spatial Analyst (conjunto de ferramentas dentro do programa ArcView 3.3) onde foi criado um mapa de distâncias a partir dos mesmos. Esta ferramenta (“find distance”), possibilita a criação de um mapa degradê de distâncias em metros a partir de um objeto. Este procedimento foi o mesmo para todos os critérios adotados e inclui também a normalização dos mesmos, passando de uma escala “0 metros – X metros” (no caso de distâncias ou proximidades), “20 m³/ha/ano – 60 m³/ha/ano” (no caso de produtividade) ou de “0% - 100%” (no caso de declividade) para uma escala “0 – 255”. Essa normalização possibilita uma melhor comparação entre os mapas e valores de cada critério. Quanto maior o valor nesta escala, melhor é a região para se instalar uma Reserva Legal.

O tamanho total da grade (“grid”) de cada critério foi baseado no tamanho do limite da fazenda e o tamanho de cada célula dentro da grade foi definida como 10m x 10m. O resultado de cada uma destas análises é um mapa que mostra que as células com valores mais próximos a 255 são as regiões mais adequadas para a implantação da Reserva Legal.

Para o desenvolvimento da função ambiental foram gerados cinco critérios. O primeiro foi o critério Proximidade aos Remanescentes Florestais (PROXREF) que foi desenvolvido com base num “layer” anteriormente criado e chamado de remanescentes florestais. Sua importância deriva da importância ambiental que têm os remanescentes florestais. Quanto mais próximo a Reserva Legal ficar de um remanescente florestal, maior a probabilidade de se

criar um corredor florestal e também maior será o núcleo do remanescente. O critério Proximidade a Vizinhos (PROXVIZ) foi também desenvolvido com base num “layer” anteriormente criado e chamado de vizinhança. Este layer representa o uso de solo do vizinho da fazenda, na fronteira com a fazenda em estudo. Este critério é importante uma vez que a Reserva Legal deve ser implantada em locais que não sofram influências negativas de terceiros. O critério de uso de solo dos vizinhos foi dividido em duas possibilidades: “Reflorestamento e Nativas” e “Pasto e Pomar”. A primeira teve importância positiva e a segunda importância negativa. Isto se deve a probabilidade de incêndios, pisoteio e outras interações. Esta análise, portanto, permitiu escolher um local adequado para instalar a Reserva Legal de acordo com o uso de solo do vizinho, originando um mapa criterial, dando maior probabilidade da criação da reserva em um local onde faria vizinhança com reflorestamento ou nativas. Também foram gerados os critérios de Distância da Área Urbanizada (DISTURB) e Distância da Rodovia (DISTROD) que partiram de um “layer” chamado de área urbanizada e rodovia, respectivamente. O primeiro corresponde à área da fazenda onde existe um aglomerado de construções e o segundo representa a Rodovia Castelo Branco, que cruza a fazenda em torno do quilometro 224. Ambos visam alocar a reserva o mais distante possível destas áreas de interferência. A Declividade (DECLIV) foi gerada com base no modelo digital do terreno e visou alocar a reserva nas regiões de maior declividade que, por sua vez, estão mais suscetíveis à erosão.

Para o desenvolvimento da função econômica/técnica ou de visão do produtor foram gerados quatro critérios. O primeiro critério, de Proximidade a Remanescentes Florestais (PROXREF), foi desenvolvido usando as mesmas características da função ambiental, porém a razão neste foi econômica já que uma vez que a reserva for alocada próxima a outros remanescentes não haverá necessidade de compra de mudas, usando o próprio banco de sementes do remanescente para auto-propagação. O critério Declividade (DECLIV) também se assemelha ao critério do mesmo nome da função ambiental, porém a razão foi econômica pois se a reserva for criada em locais de maior declividade, o produtor poderá reservar áreas mais planas para seu cultivo. Isto torna mais vantajoso seu plantio. O critério Distância do Carreador (DISTCAR) representa todos os carreadores existentes na fazenda, os quais representam também a divisa de talhão. Com base neste critério é possível alocar a reserva o mais distante possível dos carreadores, diminuindo a probabilidade de se refazer carreadores para implantar sua reserva. Desta forma o produtor economiza dinheiro e horas máquina na sua implantação. Por último o critério Produtividade (PRODUTIV) foi desenvolvido com base em três “layers” chamados de altimetria, pontos de cota e mapa de solos (com teor de argila). Com base nestes foi formulada a seguinte função:

$$P = 20 + 8 * \left[\frac{4 * (Arg - Arg \text{ min})}{(Arg \text{ max} - Arg \text{ min})} - \frac{(Cota - Cota \text{ min})}{(Cota \text{ max} - Cota \text{ min})} + 1 \right] \quad (1)$$

Sendo: P = produtividade esperada; Arg = teor de argila; min = mínimo; max = máximo; cota = cota da altitude.

Essa função resultou no mapa de produtividade esperada estimado com valor mínimo de 20 m³/ha/ano e valor máximo de 60 m³/ha/ano. Com base neste critério foi possível identificar o local onde a reserva poderia ser alocada com base na produtividade daquele espaço geográfico. Desta forma o produtor mantém seu plantio em um local de maior produtividade e aloca a Reserva Legal em um local de baixa produtividade, mantendo assim uma vantagem econômica para sua fonte de renda.

A importância do uso dos pesos resulta da necessidade de criar um grau de importância entre os critérios. Para isto foi realizada uma entrevista onde se fez uma pesquisa com cinco funcionários e docentes do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ / USP. Com base nesta valorização foi rodada uma extensão chamada AHP – Analytic Hierarchy Process

(Processo de Hierarquia Analítica) no ArcGIS 9, que automaticamente resulta nos pesos para cada critério de acordo com esta valorização dada pelo entrevistado (Marinoni, 2006). Como resultado, obteve-se cinco pesos diferentes para cada critério referentes a cada um dos cinco entrevistados. A ferramenta também analisa a consistência da opinião do entrevistado dizendo se seus dados são úteis ou não. A consistência é dada em forma de um relatório e é excluída se maior que 0,2. Posteriormente foi necessário fazer uma média de cada valor de peso obtido para cada critério excluindo qualquer entrevistado com opinião de consistência alta. Como resultado obteve-se um valor da média de cada peso para cada critério em questão, onde a soma dos critérios de cada função resulta em 100%.

Finalmente, a soma dos mapas de critérios, levando em consideração seus respectivos pesos, resultou no mapa final.

$$\text{MapaFinal} = (\text{Critério1} * \text{Peso1}) + (\text{Critério2} * \text{Peso2}) + \dots + (\text{CritérioN} * \text{PesoN}) \quad (2)$$

Essa soma foi realizada usando a ferramenta “Map Calculator” da extensão “Spatial Analyst”, encontrada no programa ArcView 3.3. O resultado desta soma foram os dois mapas finais de função ambiental e de função econômica/técnica.

Foi realizada a comparação dos dois mapas com intuito de verificar a porcentagem de sobreposição. Com este valor foi possível saber se existe ou não um resultado parecido entre as duas funções. Nesta etapa foi realizada uma análise usando a escala de valores de pixels 0 – 10, sempre com números inteiros. Essa escala serviu de classe no momento da análise, formando agrupamentos de valores inteiros e possibilitou uma comparação entre as duas funções. Nesse procedimento foi utilizada a ferramenta “Cell Statistics” da extensão “Spatial Analyst”. Esse procedimento foi realizado para indicar se existe ou não uma diferença na alocação da Reserva Legal de acordo com critérios ambientais e critérios econômicos/técnicos.

3. Resultados

Foram criados ou obtidos temas através de imagem aérea e/ou mapeamento em campo resultando em diferentes dados (**Figura 1**).

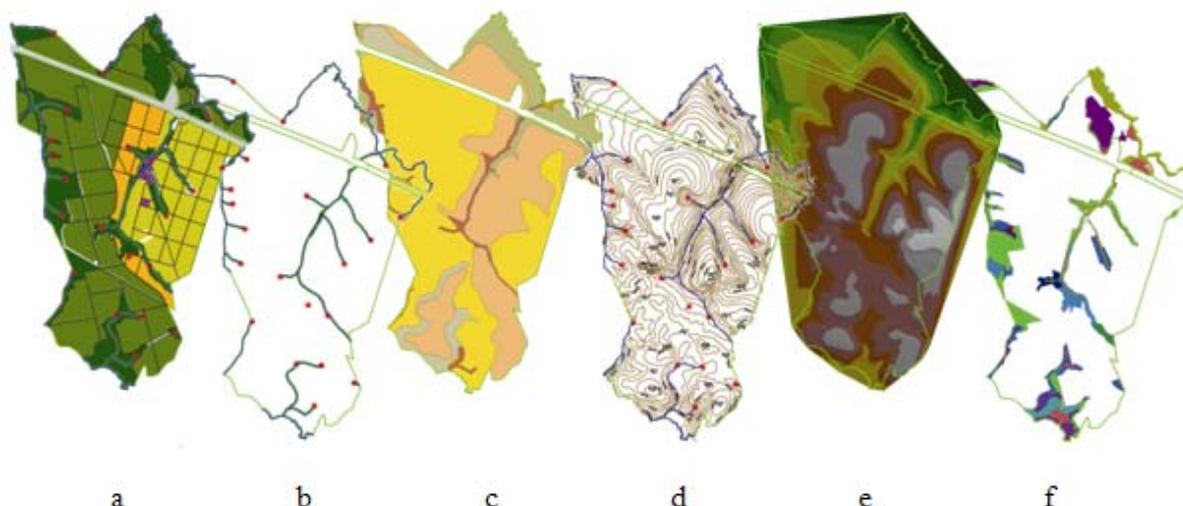


Figura 1 – Mapas digitais de uso de solo e caracterização física do local de estudo: como Limites, hidrologia, APP, remanescentes florestais e talhonomento (a), Nascentes, Rios e represas (b), mapa de solos (PESSOTTI 1994) (c), altimetria com hidrologia (d), modelo digital do terreno (e) e uma classificação de remanescentes florestais de acordo com a fisionomia (f).

Após a definição das duas funções a serem adotadas, ambiental e econômica/técnica, foram definidos os critérios que compõe cada função. Para função ambiental foram escolhidos Proximidade aos Remanescentes Florestais, Proximidade a Vizinhos, Distância da Área Urbanizada, Distância da Rodovia e Declividade. Para a função Econômica/Técnica foram escolhidos Proximidade a Remanescentes Florestais, Declividade, Produtividade e Distância do Carreador (**Figura 2**).

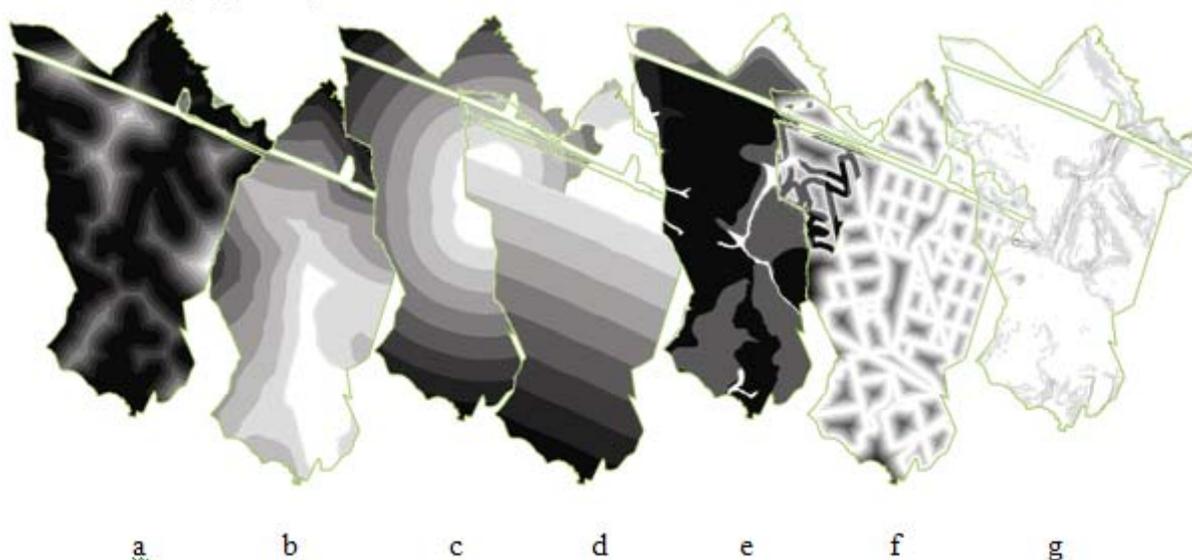


Figura 2 – Mapa dos critério Ambientais (CA) e Econômico/Técnicos (CET): Proximidade a Remanescentes Florestais (a), Proximidade a Vizinhos (b), Distância da Área Urbanizada (c), Distância da Rodovia (d), Produtividade (e), Distância dos Carreadores (f) e Declividade (g) sendo as regiões mais propícias a receberem a Reserva Legal em preto.

Nesta etapa obteve-se o grau de importância de cada critério para cada função de acordo com cada entrevistado. Ao rodar a extensão AHP com os dados de grau de importância obteve-se cinco valores de peso para cada um dos critérios fazendo referência a cada um dos cinco entrevistados. Além dos valores de pesos foi possível ter o valor de consistência da opinião de cada entrevistado para saber se seus dados eram consistentes. Detectou-se que o entrevistado número 2 (EN2) teve um valor muito alto na sua consistência da sua opinião, tanto na função ambiental como econômica/técnica, e portanto foi excluído da análise. Em seguida foi feita a média de cada critério onde se obteve o valor final do peso a ser utilizado para cada critério (**Tabela 1 e 2**).

Tabela 1 – Peso e média para cada critério da função ambiental de acordo com entrevistados e sua respectiva consistência.

	DECLIV	DISTROD	DISTURB	PROXREF	PROXVIZ	Consistência
EN1	0.04	0.51	0.03	0.33	0.09	0.17
EN3	0.16	0.09	0.02	0.57	0.16	0.14
EN4	0.23	0.04	0.04	0.62	0.08	0.10
EN5	0.23	0.1	0.03	0.6	0.03	0.18
Média	0.16	0.18	0.03	0.53	0.09	0.15

Tabela 2 – Valor Peso e média para cada critério da função econômica/técnica de acordo com entrevistados e sua respectiva consistência.

	DECLIV	DISTCAR	PRODUT	PROXREF	Consistência
EN1	0.1	0.18	0.66	0.03	0.17
EN3	0.16	0.2	0.6	0.05	0.18
EN4	0.11	0.43	0.43	0.03	0.09
EN5	0.16	0.16	0.64	0.05	0.16
Média	0.13	0.24	0.58	0.04	0.15

A soma com peso dos critérios resultou em dois mapas distintos, um para a função ambiental e outro para a função econômica/técnica (**Figura 3**).

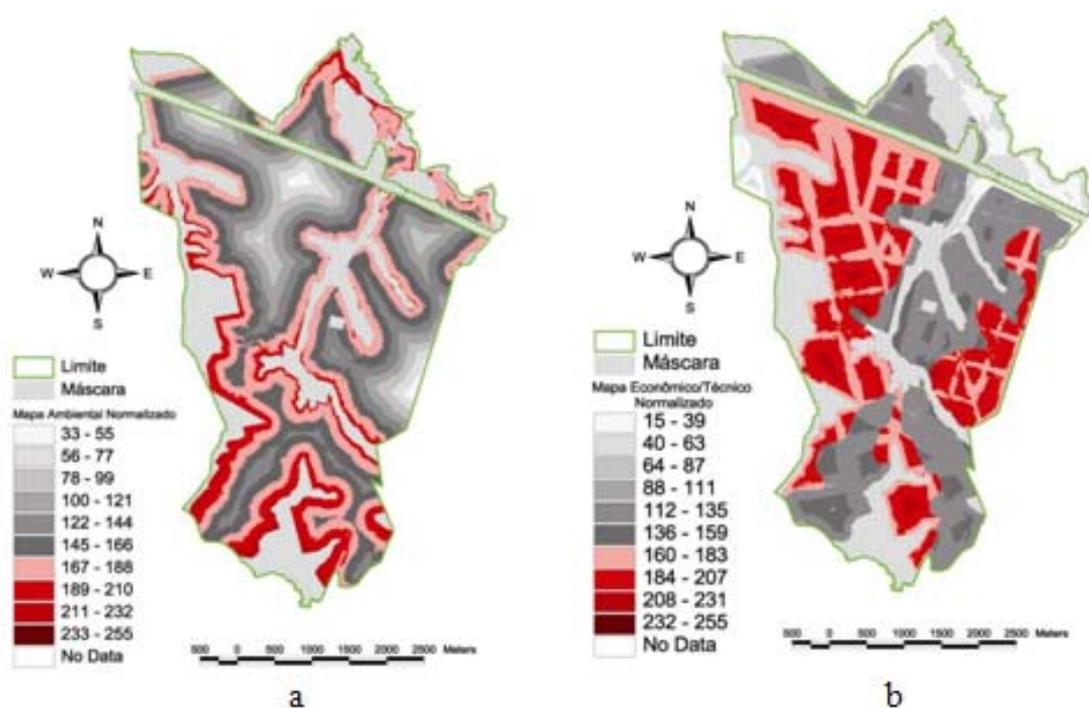


Figura 3 – Mapa final de função ambiental (a) e econômica/técnica (b) com destaque em vermelho para as regiões mais propícias a receberem a Reserva Legal.

Verificou-se a porcentagem de sobreposição entre as duas funções, o que resultou num valor de apenas 15,33%. Este valor representou 311,89 ha com fragmentos distribuídos pela fazenda e de tamanhos variados com média de 1,079 ha (**Figura 4**).

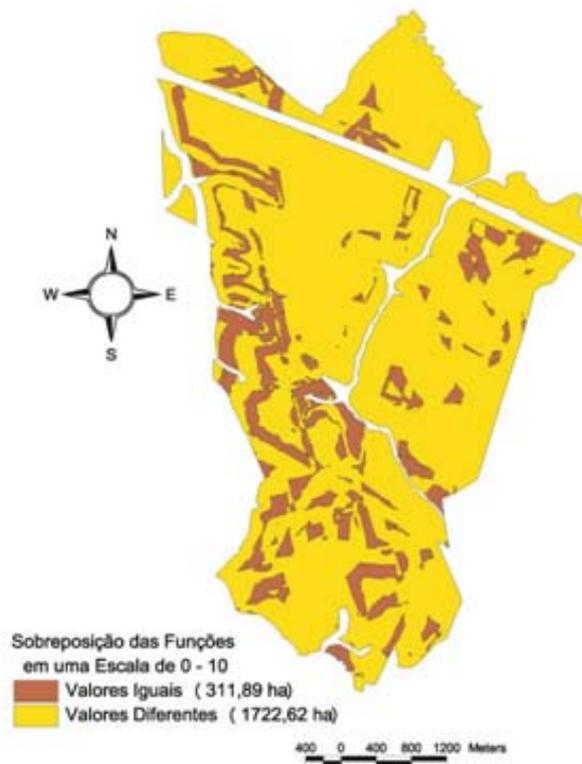


Figura 4 – Áreas de sobreposição das funções com escala de 0 – 10.

4. Conclusão

Neste estudo de caso, feito para uma área de 2120 ha, utilizando critérios ambientais e econômicos-técnicos, encontrou-se uma similaridade na Reserva Legal de apenas 15,33%. Esta baixa porcentagem de sobreposição entre os mapas somente evidencia claramente que uma Reserva Legal do ponto de vista ambiental tende a ser muito diferente daquela geralmente operacionalizada pelo produtor rural com sua visão econômica/técnica.

Os resultados mostram que é necessária a clara definição dos critérios norteadores do estabelecimento das reservas legais, de forma que atendam adequadamente preceitos ecológicos e econômicos. Esta múltipla visão da reserva legal, que é altamente influenciada pela sua localização, determina que as ferramentas de SIG sejam requeridas e aperfeiçoadas.

5. Referências

- Ferraz, S. F. B.; Vettorazzi, C. A. Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de ecologia de paisagem. *Revista árvore*, V. 27, N.4, jul./ago. 2003.
- Gonçalves, T.D. Mapeamento de solos e de produtividade em plantações de *Eucalyptus grandis* na Estação Experimental de Itatinga, ESALQ, com uso de geoprocessamento. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo. 47p. Piracicaba, 2003.
- Hofmann-Wellenhof, B.; Lichtenegger, H.; Collins, J. *Global Positioning System – Theory ad Practice*. Springer-Verlag Wien, Austria, 326p. 1992.
- Monico, J.F.G. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS – Descrição, fundamentos e aplicações. Editora UNESP, São Paulo, SP, 287p. 2000.
- Moreira, M.A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. Editora UFV, 2ª Edição, 307p. 2003.
- Valente, R.O. Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio de abordagem multicriterial em ambientes SIG. Tese Mestrado, ESALQ, Março 2005.
- Ventura, V.J. *Legislação Federal sobre o meio ambiente*. Vana Ltda, 1ª Edição, 826p. 1992.
- Marinoni, O. Some words on the analytic hierarchy process and the provided ArcGIS extension 'ext_ahp' Manual para uso da extensão AHP para o ArcGIS. Disponível em: <www.nrac.wvu.edu/RESM575/readings/about_extAhp.pdf > acesso em 01 de jun. 2006.
- Pessotti, J.E.S. Levantamento detalhado dos solos do Horto de Itatinga/SP. 105p. 1994.