

SISTEMA DE RESERVA LEGAL EXTRA-PROPRIEDADE NO BIOMA CERRADO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR NO CONTEXTO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Extra-Property Legal Reserve in the Cerrado Biome: A Preliminary Analysis within the Watershed Context

Barbara Rocha Pinto Bonnet¹
Laerte Guimarães Ferreira²
Fábio Carneiro Lobo²

¹**Universidade Federal de Goiás – UFG**
Programa de Doutorado em Ciências Ambientais
Rua 260, n.º. 96, Apto. 301, CEP 74-610-240, Goiânia, GO
brpb@uol.com.br

²**Universidade Federal de Goiás – UFG**
Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG
UFG/IESA, Campus II Samambaia, Caixa Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO
laerte@pesquisador.cnpq.br
geofcloblo@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho propõe um índice normalizado de vegetação remanescente (NRVI), gerado a partir de dados de uso da terra, e avalia sua distribuição entre bacias hidrográficas de Goiás e do Distrito Federal, cujos limites foram gerados a partir de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com áreas mínimas de 10.000, 50.000 e 200.000 ha. O NRVI varia entre -1 (bacias totalmente convertidas) e +1 (bacias totalmente preservadas) e permite associar o uso da terra a variáveis numéricas, como indicadores de desenvolvimento social. Os mapas apontam altos valores de NRVI em bacias do Nordeste Goiano, enquanto que as áreas ao sul e sudeste apresentam valores, em geral, negativos. Conforme os requisitos do Código Florestal (i.e. áreas de preservação permanente e reserva legal), o valor do NRVI é estimado em -0,382, sendo encontrado em apenas 50,13% das bacias com 10.000 ha de área mínima. Ainda que preliminares, nossos resultados indicam que o NRVI é efetivamente aplicável a um sistema de transferência de direitos de desenvolvimento (TDR) em Reserva Legal Extra-Propriedade e áreas de Servidão Florestal em Goiás e Distrito Federal.

Palavras chaves: Índice Normalizado de Vegetação Remanescente, Goiás, Distrito Federal, Bacia Hidrográfica, Reserva Legal, Transferência de Direitos de Desenvolvimento.

ABSTRACT

This paper presents a normalized remaining vegetation index (NRVI) based on land use data, which is evaluated according to three distinct minimum watershed sizes (10,000, 50,000 and 200,000 ha), whose limits were derived via SRTM data (*Shuttle Radar Topography Mission*). The NRVI varies from -1 (i. e. entirely converted watersheds) to 1 (no conversion at all), and allows the association of land use data to numerical variables, such as social development indices. High NRVI values were found in the Northeastern watersheds of Goiás State, while negative NRVI values predominated in the Southeastern and Southern portions of the study area. In compliance to the Brazilian Forest Code (i. e. permanent preservation areas and legal reserve), we estimated an NRVI value of -0.382, which is found in only 50,13% of the 10,000 ha watersheds. Although preliminary, our results suggest that NRVI can effectively serve the purposes of a transferable development rights approach (TDR) regarding legal reserves in the State of Goiás and Federal District.

Keywords: Normalized Remaining Vegetation Index, Goiás, Distrito Federal, Watershed, Legal Reserve, Transferable Development Rights.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é um complexo mosaico de formações campestres, savânicas e florestais. Ocupa 21% do território do Brasil e áreas do Paraguai e Bolívia, constituindo o maior conjunto de ecossistemas de savana neotropical no mundo, ao longo de 2.031.990 km² do Planalto Central Brasileiro (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2005; SEMARH, 2005). Sua distribuição é determinada pela altitude e formas de relevo, por limitações de fertilidade química de solo e pela sazonalidade pluviométrica, em que mais de 80% da precipitação anual se concentra entre outubro e abril.

Ao longo da evolução do Cerrado, suas características físicas lhe conferiram alta diversidade específica e endemismo de vegetais superiores. Por outro lado, o Cerrado tem sido a fronteira de expansão agrícola brasileira nos últimos 30 anos, para a produção de soja, milho e, mais recentemente, pecuária. Em face disso, 37,3% de sua área se encontram totalmente convertidos para usos antrópicos (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2005). A taxa de conversão de áreas de formações nativas para agricultura e pecuária alcança a ordem de 12.480 km² por ano (MARTINS JR. & CHAVES, 2006).

Goiás é o único Estado brasileiro integralmente inserido na área *core* de distribuição do Cerrado na região neotropical. O processo de conversão de terras do Cerrado foi particularmente severo em Goiás e ocorreu a uma taxa média efetiva de desmatamento de 1,14% ao ano entre 1980 a 2004 (ANTUNES, 2004). Formações florestais nativas cobrem cerca de 11.590.000 hectares, ou 34% do Estado (SANO *et al.*, 2006).

Por seu alto endemismo e pela rápida perda de *habitats*, o Cerrado foi apontado por MYERS *et al.* (2000) como um dos *hotspots* de biodiversidade existentes no mundo – atualmente em número de 34 – e o único deles com predomínio de savanas e florestas secas. Por isso, demanda ações urgentes para sua conservação no Estado de Goiás.

Uma das formas de implementação destas ações são os instrumentos econômicos de conservação, que podem ter diversas modalidades. Em alguns Estados do Brasil estão sendo utilizados incentivos fiscais como o ICMS Ecológico. Também está em funcionamento o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Bolsa de Mercadorias e Futuros, que comercializa Certificados de Emissões Reduzidas no âmbito dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto.

Outra modalidade de instrumento econômico de conservação é a transferência de direitos de desenvolvimento (*transferable development rights*, TDR). A TDR surgiu na década de 1980 como opção de financiamento pelo mercado da proteção a áreas prioritárias à conservação, sem interferência sobre os direitos de propriedade legalmente estabelecidos. Nela, forças de mercado podem compensar financeiramente proprietários de áreas em que a sociedade e/ou o

governo desejam impor limites ao uso da terra (LAWRENCE, 1998; CORDERO, 2003). Com isso, a TDR é uma forma de minimizar o custo de oportunidade da proteção de uma área, principalmente em relação à atividade econômica rural (CHOMITZ, 2004).

No Brasil, uma oportunidade de aplicação de TDR é a regularização da cobertura florestal legalmente requerida em propriedades rurais. A legislação florestal brasileira (Lei 4771/1965 e suas atualizações) exige a manutenção de um percentual de área de cobertura florestal nativa em cada propriedade, denominado Reserva Legal. Este percentual varia regionalmente e corresponde em Goiás a 20% da propriedade rural. Adicionalmente, a legislação exige a manutenção de cobertura vegetal nativa como áreas de preservação permanente (APPs), no entorno de corpos d'água, em topos de morros e em áreas de alta declividade, dentre outras.

Embora nos últimos anos tenha aumentado o número de proprietários rurais regulares, o cumprimento destes requisitos legais é parcial. Em face disto é que diversas experiências de flexibilização espacial das reservas legais ocorreram a partir do final da década de 1990, como a reserva legal extra-propriedade e a servidão florestal. Estas alternativas foram legalmente previstas ainda na Lei 4.771/1965, mas regulamentadas apenas a partir da década de 1990 por legislações estaduais e em âmbito federal pela Medida Provisória 2.166–67/2001.

Ainda na década de 1990, os Estados do Paraná e de Minas Gerais implementaram a alternativa de reserva legal extra-propriedade (CHOMITZ, 2004). Trata-se de permitir ao proprietário de uma área rural com déficit de reserva legal a aquisição de área excedente de cobertura vegetal de outra propriedade, de forma a completar com ambas o percentual legalmente requerido. Em Goiás, desde sua adoção em 2003, foram averbados mais de 34.000 hectares de reserva legal extra-propriedade (MARTINS JR. & CHAVES (2006).

O enfoque de TDR está mais próximo da alternativa de Servidão Florestal, na qual não é necessário adquirir uma área com cobertura vegetal nativa. O proprietário da área recebe um pagamento e ambas as partes são legalmente responsáveis por sua manutenção, pelo período que determinarem. O acordo pode ser feito de forma bilateral ou através de uma bolsa para negociação de direitos e responsabilidades sobre áreas com cobertura vegetal nativa, como papéis de mercado.

Uma bolsa com estas características vem sendo proposta por MARTINS JR. & CHAVES (2006) para o Estado de Goiás, em que os ativos negociados sejam títulos de Cotas de Reserva Florestal (CRFs) a serem emitidos no Estado de Goiás e que poderão ser aceitos pela autoridade ambiental estadual para compensação da Reserva Legal.

Esta é uma demanda estabelecida pela sociedade em Goiás. Na I Conferência Estadual de Meio

Ambiente (SEMARH, 2005) se propôs o estudo de formas de remuneração dos proprietários rurais que possuem cobertura de vegetação nativa em área superior ao legalmente requerido, a serem pagas por proprietários que não possuem reserva legal.

Para a implementação de um sistema de TDR, é necessário atribuir-lhe uma unidade territorial de aplicação. Neste sentido, a própria legislação florestal expõe a conveniência pelo uso de bacias hidrográficas – que foram instituídas como unidades territoriais de planejamento ambiental no Brasil pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9433/1997).

A bacia hidrográfica agrega sistemicamente os aspectos físicos e bióticos do ambiente. A maioria das intervenções sobre o uso da terra em uma bacia guarda relações de causa e efeito sobre seus recursos hídricos (FREITAS, 2000), que são úteis para planejar, monitorar e controlar sua ocupação. Além disso, trata-se de uma unidade territorial hierarquizável pelo número de nascentes e cursos d'água até um dado exutório, em uma área de drenagem limitada por interflúvios e divisível em bacias menores (SANTOS, 2004).

Bacias hidrográficas têm grande flexibilidade de uso em um sistema de TDR em relação a unidades político-administrativas, como municípios ou microrregiões homogêneas. Porém, não há parâmetros de hierarquia de canais ou área mínima indicados legalmente como referência de área comum para a aplicação de reservas legais extra-propriedade ou servidão florestal.

A TDR é uma ferramenta de regulação voltada a facilitar o planejamento e o ordenamento do uso da terra. Portanto, requer usualmente envolvimento de uma administração pública com confiabilidade para garantir aos usuários o caráter voluntário de sua aplicação (PARKHURST *et al.*, 2002). É preciso bom grau de certeza sobre onde o desenvolvimento deve ser estimulado ou não e uma formulação precisa de objetivos e metas de conservação (LAWRENCE, 1998; CHOMITZ, 2004). Finalmente, são necessários instrumentos de planejamento, monitoramento e controle eficientes para sua implementação adequada.

Buscando contribuir com instrumentos de gestão para um sistema de TDR com reservas legais no Brasil e em Goiás, são discutidos neste trabalho dois objetivos de apoio à sua aplicação. Um deles é apresentar um indicador de paisagem para relações entre uso da terra e áreas remanescentes de Cerrado em uma dada região. Este indicador é proposto como um índice normalizado de vegetação remanescente (*normalized remaining vegetation index*, NRVI).

O segundo objetivo consiste em avaliar as variações nos valores do NRVI para diferentes escalas da paisagem, como bacias hidrográficas com áreas mínimas de 10.000, 50.000 e 200.000 hectares.

No contexto desta análise comparativa, que inclui também a associação dos valores de NRVI para as bacias com as áreas prioritárias para conservação propostas para o Estado de Goiás por SCARAMUZZA *et al.* (2006), procede-se à discussão sobre a

aplicabilidade e especificidades de um sistema de TDR para Goiás.

2. DESENHO EXPERIMENTAL

A geração de bacias hidrográficas SRTM para a área de interesse foi o primeiro passo do nosso desenho experimental.

Especificamente, foram utilizados dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), obtidos através do *download* de 72 imagens geradas em 2000 e distribuídas pelo *United States National Geological Survey* através do *site* <http://srtm.usgs.gov>, com *tile* de 1 grau geográfico e resolução espacial de 91,63 m, que cobrem juntas a área total de Goiás e do Distrito Federal. As imagens foram processadas no *software* ENVI 4.0 para a correção de *gaps* e reunidas num mosaico (Figura 1).

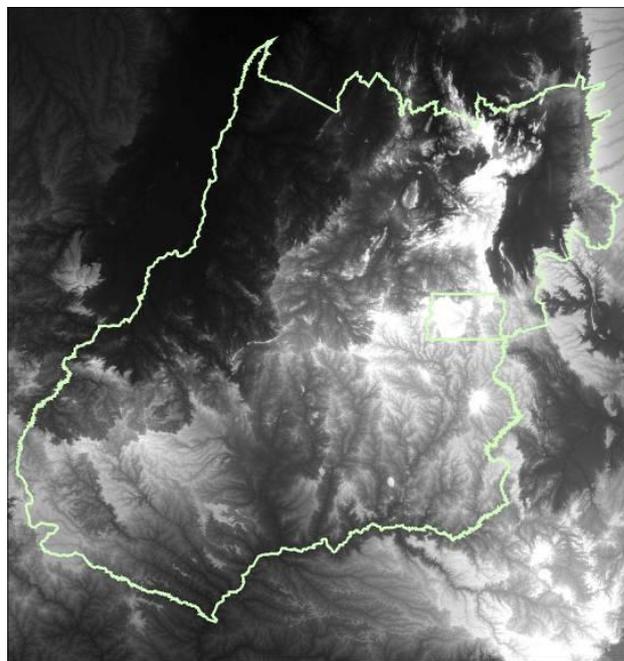


Fig. 1 - Representação de mosaico SRTM com contorno de Goiás e do Distrito Federal.

O processamento desta imagem-mosaico foi feito com o *software* ArcGIS, acrescido das funcionalidades ArcHYDRO, desenvolvidas pela Universidade do Texas (GISWR, 2006) No âmbito do ArcHYDRO, a primeira etapa consistiu da produção de um DEM hidrologicamente coerente, através da função “*fill sinks*”.

A seguir, foram gerados os limites das bacias hidrográficas e indicados seus cursos d'água componentes. Nesta etapa o *software* requer a indicação de uma área mínima para o conjunto de bacias a ser gerado. Foram indicadas as áreas mínimas de 10.000, 50.000 e 200.000 tendo como referência variáveis ecológicas e gerenciais. Produziram-se assim três conjuntos diferentes de bacias hidrográficas, nas dimensões e quantidades indicadas na Tabela 1.

TABELA 1: DIMENSÕES E QUANTIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS POR ÁREA MÍNIMA

Área mínima (ha)	Número de pixels	Total de bacias	Total de bacias*
10.000	11910,37	2137	2117
50.000	59551,88	439	435
200.000	238208,67	120	119

* Bacias somente com polígonos classificados como *outros* (nuvens, etc.) foram desconsideradas.

Uma área mínima de 10.000 hectares é compatível com a área de vida de algumas espécies de mamíferos ameaçados de extinção no Cerrado brasileiro. Por exemplo, a área de vida de um lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), pode variar de 5.695 ± 3.430 hectares (RODRIGUES, 2002).

Tendo em vista que bacias com maior área mínima oferecem facilidades de gerenciamento sob o aspecto governamental, também foi proposta a divisão em bacias com áreas mínimas de 200.000 hectares. A área mínima de 50.000 hectares para bacias foi proposta como um valor intermediário, e também por corresponder à área média das principais unidades de conservação na região.

Os dados SRTM também foram usados para estimar as áreas de preservação permanente. Em Goiás e do Distrito Federal, que têm relevo predominantemente plano a suave ondulado, a maior proporção de APPs está associada aos corpos d'água. A APP marginal a corpos d'água pode ter de 30 m, para cursos d'água com 10 m de largura a até 500 m para cursos d'água com mais de 500 m de largura. Assim, optamos por um *buffer* com largura média de 100 m em torno de cada margem dos cursos d'água detectáveis em escala 1:250.000. Para o Estado de Goiás e Distrito Federal, que correspondem a um território de 34.600.312 hectares, foram delimitados ao todo 3.775.328 hectares, ou 10,9% da área total.

Uma vez homogeneizada a base geoespacial, tabelas de atributos foram geradas com o *software* ArcGIS para o ordenamento, em cada bacia, das classes de cobertura dos solos mapeadas no âmbito do projeto *Definição de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Estado de Goiás* (SANO et al., 2006). Tendo em vista a escala original deste mapeamento (1:250.000), foram considerados nas análises a seguir, apenas os fragmentos florestais com área mínima de aproximadamente 25 hectares.

Inicialmente, as formas de uso *cultura anual*, *cultura em pivô central* e *pastagem* foram reunidas em uma categoria única, denominada *uso*. As formas de cobertura vegetal nativa – *floresta estacional decidual submontana e montana*; *floresta estacional semidecidual aluvial*, *de terras baixas, submontana e montana*; *formações pioneiras fluviais e/ou lacustres*; *savana arborizada*, *florestada*, *gramíneo lenhosa e savana parque* – foram reunidas na categoria *remanescente*.

As formas de uso *água*, *reflorestamentos*, *sítios urbanos*, *solo exposto* e *nuvens* foram categorizadas como *outros* e desconsideradas na análise.

Foram tomados área e perímetro de cada bacia e de cada polígono de *uso* e *remanescente* por bacia. Em seguida o NRVI foi calculado por bacia nas três escalas de área mínima, segundo a fórmula:

$$NRVI = \frac{\text{área remanescente} - \text{área uso}}{\text{área remanescente} + \text{área uso}} \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Uso do NRVI

O NRVI é diretamente proporcional ao percentual de remanescente de cobertura vegetal de uma determinada área. O índice pode variar entre -1 e 1. Desta forma, um NRVI igual a 1 indica um percentual de remanescentes de cobertura vegetal de 100% na área, enquanto um NRVI igual a -1 representa ausência de cobertura vegetal remanescente, indicando que 100% da área se encontra convertida para cultura agrícola ou pastagem. Para áreas equivalentes quanto ao uso e remanescentes, o índice é igual a zero.

O uso do NRVI facilita a verificação de possíveis correlações com outros índices normalizados, como por exemplo o índice de desenvolvimento humano, IDH. Pode ser usado para a proposição de modelos que integrem variáveis obtidas em diferentes escalas e dimensões.

3.2 NRVI: mapas e histogramas

Os mapas de NRVI por bacia hidrográfica no Estado de Goiás e Distrito Federal são mostrados nas Figuras 2 a 4.

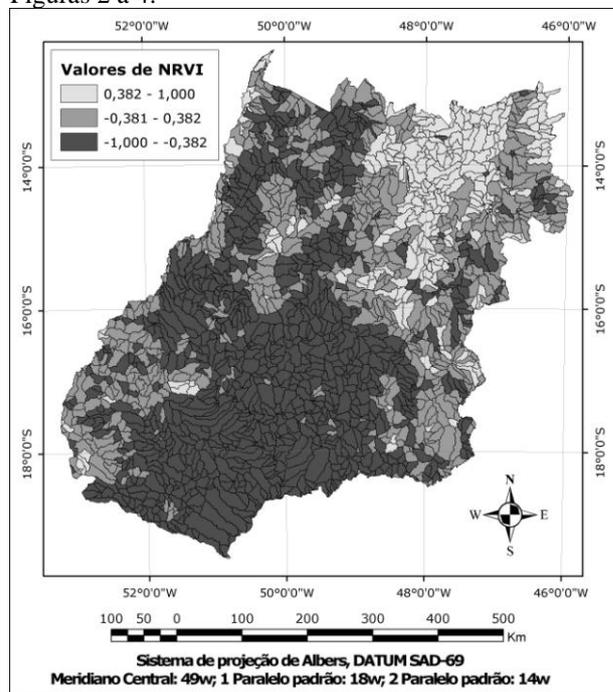


Figura 2 – Distribuição espacial dos valores de NRVI em bacias hidrográficas com área mínima de 10.000 hectares.

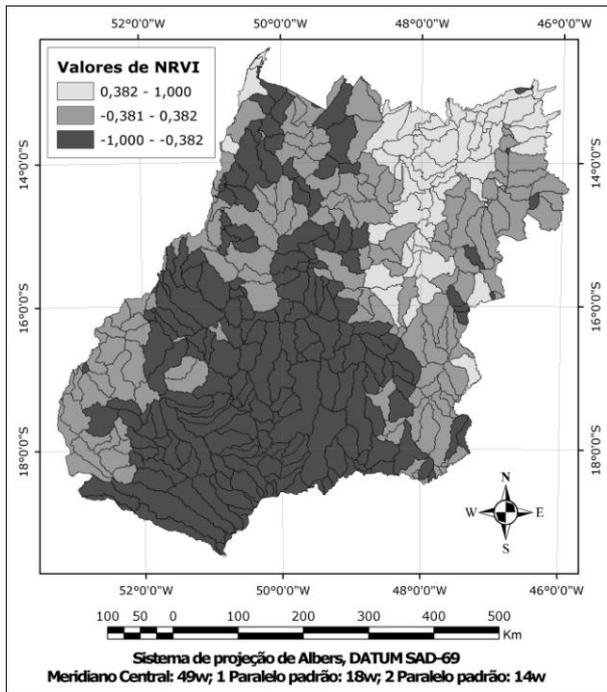


Fig. 3 – Distribuição espacial dos valores de NRVI em bacias hidrográficas com área mínima de 50.000 hectares.

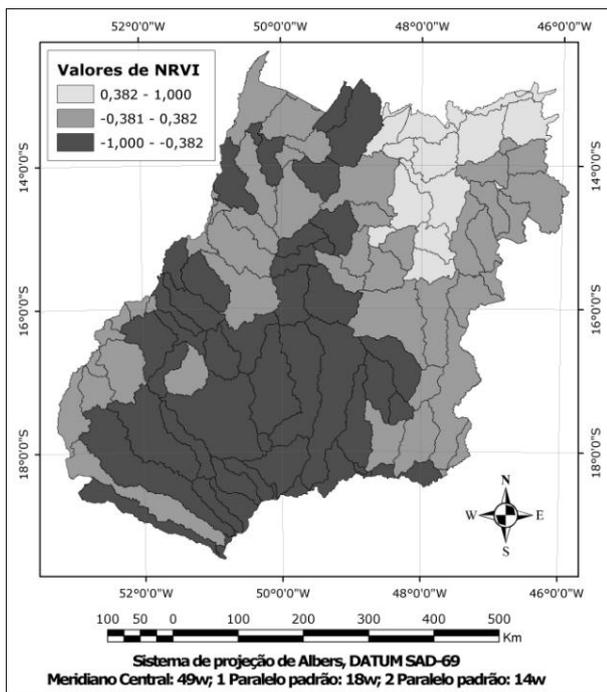


Fig. 4 – Distribuição espacial dos valores de NRVI em bacias hidrográficas com área mínima de 200.000 hectares.

Conforme pode ser observado nos histogramas das figuras 5 a 7, os valores de NRVI relativo às bacias com áreas mínimas de 10.000, 50.000 e 200.000 hectares apresentam distribuições e tendências bastante semelhantes. Em particular, destaca-se uma acentuada assimetria positiva, em função do predomínio de baixos valores de NRVI para as três escalas de análise.

Por outro lado, é interessante observar uma ligeira tendência à normalização dos valores, à medida que as áreas mínimas aumentam. De fato, para as bacias com área mínima de 10.000, 50.000 e 200.000 hectares, os valores de curtose são -0,7608, -0,6079 e -0,3472, respectivamente.

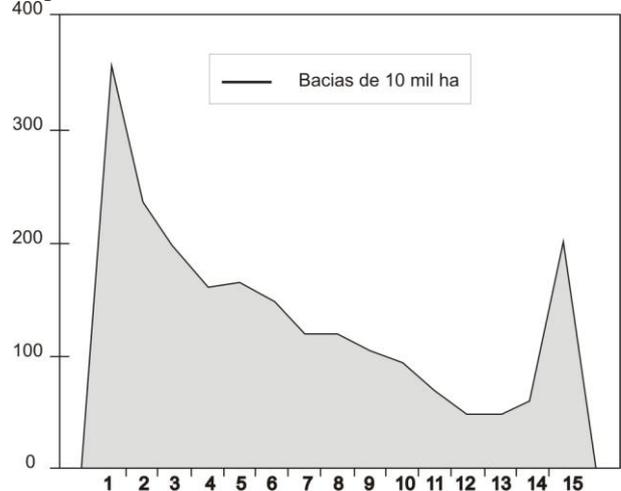


Fig. 5 - Distribuição dos valores de NRVI em bacias com área mínima de 10.000 hectares.



Fig. 6 - Distribuição dos valores de NRVI em bacias com área mínima de 50.000 hectares.

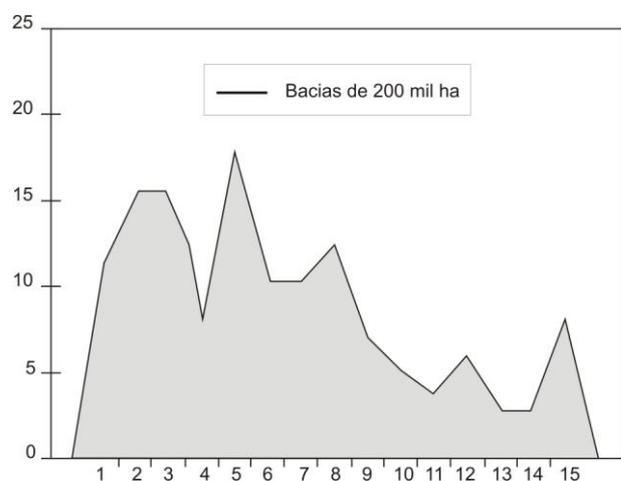


Fig. 7 - Distribuição dos valores de NRVI em bacias com área mínima de 200.000 hectares.

A distribuição dos valores de NRVI nas bacias com áreas mínimas de 10.000, 50.000 e 200.000 hectares, considerando-se apenas duas classes – NRVI menor que zero e NRVI maior que zero – correspondentes respectivamente a bacias com maioria de áreas convertidas para usos e bacias com maioria de áreas de remanescentes, é mostrada na Tabela 2.

TABELA 2: NRVI MAIOR E MENOR QUE ZERO EM BACIAS COM ÁREAS MÍNIMAS DE 10.000, 50.000 E 200.000 HECTARES

Área mínima (ha)	-1 < NRVI < 0		0 < NRVI < 1	
	F	%	F	%
10.000	1440	68,02%	677	31,98%
50.000	301	69,18%	134	30,82%
200.000	86	72,00%	33	27,72%

Da Tabela 2 depreende-se que a concordância entre as distribuições diminui em 1,16% entre bacias com áreas mínimas de 10.000 e 50.000 hectares, em ambas as classes de cobertura consideradas (i.e. maioria de áreas de uso e maioria de áreas de remanescentes). Já entre bacias com áreas mínimas de 50.000 para 200.000 hectares, a concordância entre as distribuições diminui proporcionalmente, em 2,82% para bacias com maioria de áreas de uso e em 3,10% para bacias com maioria de áreas de remanescentes.

Entre bacias com áreas mínimas de 10.000 e 200.000 hectares, a concordância entre as distribuições é ainda menor, diminuindo em 3,98% para bacias com maioria de áreas de uso e em 4,26% para bacias com maioria de áreas de remanescentes.

Esta variação pode ser importante quando se trabalha com objetivos de conservação em pequenas bacias hidrográficas, em que uma distribuição equânime de cobertura vegetal mínima é requerida. Por outro lado, é suficientemente discreta para justificar a aplicação de um sistema de TDR em bacias hidrográficas de maior porte, nas quais, de princípio, há maior quantidade de áreas a serem negociadas, o que torna mais fácil sua gestão.

3.3 NRVI mínimo por bacia

A determinação de um NRVI mínimo de referência teve por base a área de cobertura vegetal nativa legalmente requerida em cada bacia. Este NRVI inclui 20% de Reserva Legal e 10,9% de APP.

Assim, e considerando a proporcionalidade entre o NRVI e o percentual de remanescentes, foi assumido que a área mínima de cobertura vegetal nativa legalmente requerida em cada bacia equivale a um NRVI de -0,382.

Tendo como referência este valor de NRVI, constata-se, a partir de distribuições de frequência, que 49,87% das bacias com área mínima de 10.000 hectares apresentam área remanescente inferior ao mínimo legalmente requerido. É interessante observar que, para as bacias com área mínima de 50.000 e 200.000 hectares, 46,67% e 43,69% dos valores de NRVI, respectivamente, são inferiores a -0,382 (Tabela 3).

TABELA 3: FREQUÊNCIA RELATIVA DE NRVI EM BACIAS COM ÁREAS MÍNIMAS 10.000, 50.000 E 200.000 HECTARES

Área mínima (ha)	10.000	50.000	200.000
Frequência relativa	%	%	%
NRVI = - 1	4.91	0.92	0
-1 < NRVI < -0,382	44.96	45.75	43.70
-0,382 < NRVI < 0,382	31.5	35.86	40.34
0,382 < NRVI < 1	18.61	17.47	15.97
Total	100	100	100

Considerando apenas valores de NRVI maiores que 0,382 – portanto com mais que duas vezes a área mínima legalmente requerida de cobertura vegetal – tem-se 18,61% das bacias com área mínima de 10.000 hectares, 17,47% das bacias com área mínima de 50.000 hectares e 15,97% das bacias definidas por área mínima de 200.000 hectares.

3.4 Distribuição espacial do NRVI

Os mapas de NRVI (Figuras 2 a 4) sugerem uma distribuição bastante concentrada dos fragmentos de remanescentes de vegetação nativa entre as bacias hidrográficas do território goiano e no Distrito Federal.

A distribuição espacial de NRVI é polarizada entre o nordeste goiano, que concentra as áreas com os maiores NRVI do Estado, e o Centro-Sul de Goiás, em que predominam bacias com NRVI inferior a -0,382 – evidenciando descumprimento dos requisitos mínimos de reserva legal e APP. Bacias hidrográficas com NRVI entre -0,382 e 0,382 ocorrem no leste e em porções a noroeste e sudoeste do território.

Por outro lado, é importante ressaltar que entre 2003 e 2005, cerca de 60% da movimentação de carvão nativo teve origem no nordeste de Goiás (AGMA, 2005), indicando tendência à conversão de áreas também nesta região. Este processo de conversão vem se dando sem o adequado apoio de programas governamentais de crédito rural, o que tem contribuído para disparidades regionais (BORGES, 2006). De fato, os municípios do nordeste goiano convivem com os menores Índices de Desenvolvimento Humano municipal (IDHm) do Estado, enquanto no centro-sul estão os maiores IDHm de Goiás (NOVAES *et al.*, 2006).

Uma comparação visual do mapa de NRVI para bacias hidrográficas com área mínima de 10.000 hectares (Figura 2) com as áreas prioritárias à conservação da biodiversidade, ilustradas na Figura 8, indica pequena convergência entre a situação real da cobertura vegetal e a modelagem de áreas prioritárias.

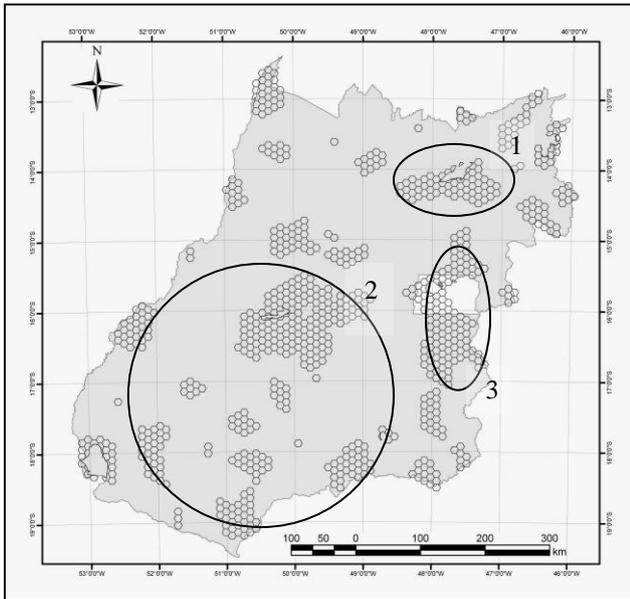


Fig. 8 - Representação de hexágonos de áreas prioritárias à conservação em Goiás e manchas de correspondência com o NRVI. Fonte: AGETOP/AGMA/UFG-LAPIG/Consórcio IMAGEM (2004).

De fato, enquanto o NRVI é um indicador de paisagem e intensidade de uso, os critérios de definição das áreas prioritárias mostrados na Figura 8 agregaram aspectos de biodiversidade, distribuição de remanescentes, representatividade das paisagens e complementaridade em relação às unidades de conservação existentes.

No nordeste goiano, a mancha 1 indicada na Figura 8 é a principal região de áreas prioritárias coincidente com bacias hidrográficas com valores de NRVI preponderantemente maior que 0,382.

No Centro-Sul goiano, a mancha 2 indica oito áreas prioritárias que se sobrepõem a bacias com NRVI inferior ao adequado à cobertura vegetal mínima legalmente requerida. Por outro lado, a mancha 3 na Figura 8, correspondente a parte do Distrito Federal e de seu Entorno, encontra no mapa de NRVI uma grande variedade de situações dentre as bacias.

3.5 Possíveis aplicações em TDR

Ainda que as alternativas de Reserva Legal Extra-Propriedade e a Servidão Florestal facilitem a regularização por parte dos proprietários, CHOMITZ (2004) aponta dois fatores limitantes à sua efetividade: os percentuais de Reserva Legal requeridos não consideram o potencial produtivo de uma dada região, como também podem resultar em fragmentos isolados, com pequena relação área/perímetro e sujeitos a maior extensão de efeito de borda (PARKHURST *et al.*, 2002).

Além disso, a escolha da reserva legal recai sobre as áreas da propriedade rural com menor aptidão agrícola, o que privilegia a conservação de certos ecossistemas em detrimento de outros. No Cerrado brasileiro, por exemplo, Campos e Cerrados Rupestres e

manchas de Floresta Estacional Decidual ocorrem usualmente em áreas com pequeno potencial de mecanização agrícola, enquanto formações de Savana Florestada e Arborizada são frequentes em áreas planas e intensamente utilizadas.

Entretanto, não há no País qualquer amparo legal para que a localização das reservas legais não seja uma prerrogativa do proprietário. Iniciativas no sentido de impor algum direcionamento em escolhas semelhantes têm um histórico de controvérsia em outros países (PARKHURST *et al.*, 2002).

Um sistema de TDR também pode contribuir na viabilização econômica de grandes propriedades com limitações de produção por aptidão agrícola. PARKHURST *et al.* (2002) lembram que o debate sobre o *design* de áreas protegidas se fortaleceu em torno da ação deletéria do efeito de borda sobre algumas espécies, que seria minorada com a proteção de uma única grande área em relação a várias áreas pequenas e isoladas.

Por outro lado, a concentração de reservas legais extra-propriedade e áreas de servidão florestal em determinadas regiões pode trazer limitações ao desenvolvimento regional, em sistemas de TDR em desequilíbrio econômico. Na I Conferência Estadual do Meio Ambiente foram debatidas alternativas de Reserva Legal Extra-Propriedade e Servidão Florestal que podem ser aplicadas sem levar à concentração de áreas com cobertura vegetal nativa em regiões com terras de menor custo, como o próprio nordeste goiano. No âmbito desta Conferência, foi proposto que não mais se averbem reservas legais extra-propriedade de outras regiões no nordeste goiano, enquanto não forem definidas compensações de ICMS ecológico – que se encontra em estudo para adoção em Goiás (SEMARH, 2005).

A par do debate em torno da proteção às grandes áreas, a constituição de cobertura vegetal mínima dentro de uma única bacia hidrográfica também é necessária. Além do aspecto legal, há maior possibilidade de se protegerem pequenas amostras de ecossistemas sob maior pressão de conversão para uso da terra. O Cerrado segue em franco processo de fragmentação e remanescentes florestais com área de 25 a 50 hectares predominam amplamente na paisagem goiana, tendo sido quantificados em 2.080, enquanto fragmentos com 10.000 hectares ou mais são apenas 292 (ANTUNES, 2004).

Em face disto, o potencial de conservação de pequenos fragmentos não pode ser desprezado. Podem ser buscados instrumentos econômicos que favoreçam sua interligação. PARKHURST *et al.* (2002) propuseram um bônus de aglomeração (*agglomeration bonus*) para estimular a criação voluntária de linhas de contigüidade entre fragmentos florestais de propriedades rurais. Nesta modalidade de TDR, paga-se um bônus extra pela conservação de linhas de contato entre áreas com cobertura vegetal nativa limitantes entre si, buscando aumentar a área e os valores ambientais dos fragmentos.

Acompanhando esta discussão, a abrangência espacial de um sistema de TDR para reservas legais tem envolvido dois enfoques alternativos (CORDERO, 2003). No primeiro, a negociação de TDR abrange uma única área espacial. No segundo há duas bacias, uma das quais com excedente florestal (doadora ou *sending zone*) e outra com déficit (receptora, matriz ou *receiving zone*). Os dois enfoques de aplicação não são mutuamente excludentes. Pelo contrário, podem ser complementares.

O enfoque de áreas únicas é útil quando se deseja manter um percentual de cobertura vegetal nativa em diversas bacias hidrográficas com dimensões semelhantes, buscando uma equitabilidade mínima por unidade espacial. Sistemas com duas áreas são úteis para a conservação de bacias hidrográficas específicas, como áreas prioritárias à conservação, permitindo que se concentrem esforços para a conservação de determinadas bacias hidrográficas (CHOMITZ, 2004).

Desta forma, a TDR pode apoiar o reflorestamento de um mínimo de área em cada bacia, como também apoiar o crescimento da porção territorial protegida das bacias hidrográficas nas quais se situam áreas prioritárias à conservação.

O enfoque de áreas únicas é útil como facilitador da regularização de reserva legal e APP dentro de uma determinada bacia, de forma a que a mesma atinja um NRVI de $-0,382$ indicativo do cumprimento dos requisitos mínimos de cobertura vegetal nativa no conjunto da bacia. Em Goiás e no Distrito Federal, podem ser definidas iniciativas suplementares para favorecer o aumento do NRVI em bacias abrangidas pela mancha 2 da Figura 8.

No enfoque de bacias doadoras e receptoras, pode-se usar como referência o NRVI para definir bacias receptoras (aquelas com NRVI inferior a $-0,382$) e doadoras. Para as bacias doadoras é possível estabelecer duas categorias específicas, uma das quais correspondente às bacias com NRVI entre $-0,382$ e $0,382$ e a segunda, às bacias de NRVI superior a $0,382$. Em Goiás e no Distrito Federal, uma opção é priorizar, em um sistema de TDR com duas áreas, as manchas 1 e 3, respectivamente (Figura 8).

Resta a necessidade de se definir que escala, em área mínima de bacia hidrográfica, utilizar como unidade de aplicação de um sistema de TDR. É exigido em Goiás que a aquisição de Reserva Legal Extra-Propriedade alcance um percentual de 25% (e não de 20%) quando na mesma microrregião homogênea. Quando fora da microrregião mas na mesma bacia hidrográfica, o percentual deve ser proporcional a 30%.

Contudo, devem-se enfatizar as vantagens de se utilizar uma unidade espacial de paisagem como a bacia hidrográfica no planejamento de TDR, em detrimento de uma unidade político-administrativa como a microrregião homogênea. Uma vez se optando pela utilização da bacia hidrográfica, é necessário refinar o controle sobre as divisões naturais em que o sistema de TDR ocorre.

Atualmente as transações de Reserva Legal

Extra-Propriedade são deferidas pela autoridade ambiental tendo em vista as três grandes regiões hidrográficas que banham o território goiano e o Distrito Federal: Araguaia-Tocantins, Paraná e São Francisco. Trata-se de unidades espaciais extensas e que guardam ecossistemas de estrutura e função muito variáveis entre si. Não permitem, assim, o uso eficiente de indicadores de causa e efeito, são de difícil controle e banham diversos territórios estaduais, cada um dos quais soberano em relação às próprias políticas de aplicação de Reserva Legal.

Para que se tenha o controle necessário a um sistema de TDR, é importante privilegiar bacias hidrográficas de menor área espacial como referência. Abrangências espaciais menores aumentam a viabilidade de controle e fiscalização do sistema, inclusive por parte do público, e facilitam a compensação de direitos entre áreas detentoras de ecossistemas com estrutura e função semelhantes.

A maior precisão oferecida por um sistema de TDR baseado em 10.000 hectares o faz útil quando se pretende atingir um NRVI de referência numa região específica, como por exemplo na área abarcada por um Comitê de Bacia Hidrográfica. Seus resultados, uma vez que podem ser melhor dirigidos, de princípio são mais eficazes no que concerne a objetivos de conservação.

Contudo, é importante ressaltar que um escopo geográfico maior aumenta substancialmente as chances de sucesso das transações de TDR, haja vista que regiões com déficit e com excedente florestal são usualmente distantes entre si (CHOMITZ, 2004). As diferenças percentuais de distribuição de NRVI entre as bacias hidrográficas com áreas mínimas não foram expressivas, tendo variado em até 4,26%. Isto sugere que a tomada de decisão por uma área mínima de bacia hidrográfica para um sistema de TDR pode ser baseada na capacidade de gestão dos responsáveis por sua implementação.

Com base no exposto, propõe-se que um sistema de TDR no Estado de Goiás e no Distrito Federal privilegie transações que oportunizem que um NRVI mínimo de $-0,382$ seja atingido em cada bacia hidrográfica de 10.000 hectares, em seguida nas bacias hidrográficas de 50.000 hectares e finalmente nas de 200.000 hectares.

Um sistema de TDR com possibilidades alternativas em uma ou duas áreas pode ser usado neste sentido. No enfoque de uma única área, a averbação de Reserva Legal Extra-Propriedade e área de Servidão Florestal na mesma bacia com área mínima de 10.000 hectares poderá ser estimulada pela diminuição do percentual de 25% ou 30% para 23% sobre a área suplementar. Se não houver oportunidades de TDR na mesma bacia, devem ser buscadas opções na bacia de 50.000 hectares para um percentual complementar de 26%. Analogamente, em não havendo áreas disponíveis para TDR na mesma bacia, buscam-se opções na bacia de 200.000 hectares para um percentual complementar de 30%.

Dadas as condições de fragmentação da

cobertura vegetal em Goiás e no Distrito Federal, deve ser implementado um bônus de aglomeração para estimular interligações entre fragmentos, que diminuiria progressivamente o percentual adicional até o limite inferior de 20% quanto maiores linhas de contato se obtenham entre os fragmentos e mais semelhantes forem as fitofisionomias das áreas, bem como as áreas transacionadas sejam contíguas às APPs nas interligações dos fragmentos.

Nas modalidades de TDR de duas áreas, devem ser priorizadas transações em bacias hidrográficas sobrepostas às áreas prioritárias que tenham NRVI menor que -0,382. O mesmo modelo regressivo do percentual adicional se aplicaria à realização das transações de TDR dentro das bacias de 10.000, 50.000 e 200.000 hectares.

3.6 Limites da análise

Os argumentos expostos neste trabalho assumem alguns facilitadores para seu desenvolvimento, como a estimação de APPs e os limites impostos pela escala original dos dados. Adicionalmente, esta análise e suas proposições se restringem a alguns aspectos físico-bióticos de cada bacia hidrográfica proposta. Por exemplo, diversos fatores que influenciam decisivamente os percentuais propostos para TDR em reservas legais são de natureza econômica e socioambiental, além de diversos outros fatores físicos. É objetivo deste trabalho abrir a discussão sobre o tema para que outras áreas de especialização o examinem.

A implementação de um sistema de TDR baseado espacialmente em bacias hidrográficas abre a possibilidade de seu gerenciamento com apoio de uma Agência de Águas. Entretanto, é estratégico que o poder público se limite a implementar o aparato legal e institucional e promova a absorção de TDR pelo mercado, efetivamente como um instrumento econômico. Outrossim, ressalva-se que seu monitoramento deve ser mantido pela autoridade ambiental através de uma base de dados georreferenciados sobre desmatamento e reserva legal, preferencialmente integrado ao cadastro de imóveis rurais em execução pelo Instituto Brasileiro de Colonização e Reforma Agrária, INCRA.

Os percentuais propostos são preliminares e necessitam ser depurados sob o ponto de vista econômico e gerencial. São dependentes do perfil fundiário e potencial produtivo de cada região do Estado – caso em que uma concepção de grandes bacias, como aplicado atualmente, pode ser útil – de forma a permitir o cálculo adequado dos custos de oportunidade a serem minimizados pela TDR. Uma possibilidade é incluir no sistema uma estimativa de valor correspondente aos serviços ambientais proporcionados pelas áreas.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As necessidades de conservação do Cerrado Brasileiro podem ser apoiadas por um sistema de transferência de direitos de desenvolvimento (TDR).

Dentre as diversas formas de aplicação deste sistema, figura a gestão de Reservas Legais Extra-Propriedade e de áreas de Servidão Florestal, como alternativas de regularização de propriedades rurais em relação ao Código Florestal. Com este enfoque, o índice normalizado de vegetação remanescente (NRVI) se revelou um indicador de paisagem e uso da terra de fácil aplicabilidade, por sua estreita correlação com as proporções percentuais de ocupação. O NRVI foi aplicado a uma divisão de Goiás e do Distrito Federal em bacias hidrográficas, geradas a partir de imagens SRTM com áreas mínimas de 10.000, 50.000 e 200.000 hectares.

Tendo -0,382 como valor de NRVI de referência para o cumprimento do Código Florestal em uma dada área, quase 50% das bacias hidrográficas de Goiás e do Distrito Federal com áreas mínimas de 10.000 hectares não atingem o mínimo legalmente requerido, enquanto 18,61% das bacias possuem mais que o dobro da cobertura vegetal nativa demandada.

O aumento da escala de bacia tende a diminuir a precisão destes percentuais. De fato, as diferenças de até 4,26% na proporção de NRVI conforme a área mínima de bacia hidrográfica indicam que as escalas de bacia hidrográfica testadas geram resultados distintos. Em qualquer caso, evidencia-se a concentração de bacias com alto NRVI no nordeste e baixo NRVI no Centro-Sul de Goiás.

As possibilidades de aplicação do NRVI por bacias hidrográficas geradas por imagens SRTM em um sistema de TDR são diversas. O uso destes instrumentos pode basear a atenuação da fragmentação de remanescentes e da concentração de reservas legais em regiões e ecossistemas específicos, estimulando economicamente o proprietário rural pela opção por TDR. Em um sistema de bacias únicas, as transações ocorreriam com referência no NRVI e priorizando um NRVI de -0,382 dentro das bacias de 10.000 hectares, depois nas bacias de 50.000 e de 200.000 hectares respectivamente. Alternativamente, em um sistema de duas bacias, podem ser privilegiadas transações em bacias que também compõem áreas prioritárias à conservação em Goiás – seguindo a mesma prioridade de ordenamento de bacias de 10.000 hectares, depois 50.000 e de 200.000 hectares.

Dentro da disponibilidade de mercado, a preferência pelas transações internamente às bacias de menor área mínima pode ser dada pelo percentual de reserva a ser compensado, que é gradualmente inferior quanto menor for a área mínima da bacia em que ocorre a transação. Adicionalmente, bônus de aglomeração até o limite inferior de 20% requerido em lei podem ser aplicados quanto maiores linhas de contato se obtiverem entre os fragmentos, mais semelhantes forem suas fitofisionomias e se os mesmos forem contíguas às APPs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA GOIANA DO MEIO AMBIENTE – AGMA. **Agência Goiana do Meio Ambiente**. Disponível em <<http://www.agenciaambiental.go.gov.br>>. Acesso: 20 janeiro 2005.

AGETOP / AGMA / UFG-LAPIG / Consórcio IMAGEM. **Definição de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Estado de Goiás**. Goiânia, 2004 (CD Rom).

BORGES, W. J. **Recursos do Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO) e disparidades intra-regionais: Goiás, 2006**. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Programa de Pós-graduação Multi-institucional, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006. 90 p.

CHOMITZ, K. M.. Transfer of Development Rights and Forest Protection: an exploratory analysis. **International Regional Science Review**, v. 27, n. 3, p. 348-373, Jul. 2004.

CONSERVATION INTERNATIONAL. **Biodiversity Hotspots**. Disponível em <<http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/cerrado/index.xml>>. Acesso: 30 janeiro 2006.

CORDERO, M. **Field Guide to Transfer of Development Rights (TDRs)**. 1000 Friends of Minnesota Fact Sheet, 5, 2003. Disponível em <<http://www.realtor.org/libweb.nsf/pages/fg804#topica.html>>. Acesso: 30 janeiro 2006.

FERREIRA, L. G., YOSHIOKA, H., HUETE, A.; SANO, E. E. *et al.*, 2003. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: an analysis within the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). **Remote Sensing of Environment**, n. 87, p. 534-550, 2003.

FREIRE, R. G. (2004). Novos critérios para o licenciamento ambiental em Goiás. In: I Workshop de Planejamento e Uso Sustentável dos Recursos Naturais do Estado de Goiás, Goiânia, 2004. **Anais...** (CD Rom), 2004.

FREITAS, A. J., 2000. Gestão de recursos hídricos. In: SILVA, D. D. & PRUSKI, F. F. (Eds.) **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e legais**. Brasília, Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

GISWR– GIS WATER RESOURCES CONSORTIUM. **ArcGIS Hydro Data Model**. Austin, Center for Research in Water Resources, University of Texas, 2006.

LAWRENCE, T. J. **Transfer of Development Rights**. CDFS-1264-98 Ohio State University Fact Sheet, Community Development, Land Use Series, 1998. Disponível em <<http://ohioline.osu.edu/cd-fact/1264.html>>. Acesso: 30 janeiro 2006.

MARTINS JR., O. P. & CHAVES, F. Uso de instrumentos econômicos para a conservação da biodiversidade em Goiás: reserva legal, servidão florestal e bolsa de reserva florestal. p. 165-175. In.: FERREIRA, L. G. (Org.) **Conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental em Goiás: prioridades, estratégias e perspectivas**. Goiânia, SEMARH / AGMA / World Bank, 2006. 187 p. (no prelo).

NOVAES, P. C.; FERREIRA L. G.; LOBO, F. C.; SANO E. E. The Brazilian Cerrado: a human development analysis of a hotspot biome. **Earth Interactions** (submetido).

PARKHURST, G. M.; SHOGREN, J. F.; BASTIAN, C.; KIVI, P.; DONNER, J.; SMITH, R. B. W. Agglomeration bonus: an incentive mechanism to reunite fragmented habitat for diversity conservation. **Ecological Economics**, n. 41, p. 305-328, 2002.

RODRIGUES, F. H. G. **Biologia e conservação do lobo-guará na Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002. 96 p.

SANO, E. E.; DAMBRÓS, L.; OLIVEIRA, A. G. C.; BRITES, R. S. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. p. 76-93. In.: FERREIRA, L. G. (Org.) **Conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental em Goiás: prioridades, estratégias e perspectivas**. Goiânia, SEMARH / AGMA / World Bank, 2006. 187 p. (no prelo).

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo, Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SCARAMUZZA, C. A. M.; MACHADO, R. B.; RODRIGUES, S. T.; RAMOS NETO, M. B.; PINAGÉ E. R.; DINIZ FILHO J. A. F. Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade em Goiás. p. 11-59. In.: FERREIRA, L. G. (Org.) **Conservação da biodiversidade e sustentabilidade ambiental em Goiás: prioridades, estratégias e perspectivas**. Goiânia, SEMARH / AGMA / World Bank, 2006. 187 p. (no prelo).

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Texto Final das Conferências Estaduais de Meio Ambiente. Tema IV: Gestão Territorial e Política Florestal**. Pirenópolis, SEMARH, 2005. 9 p.