

**Fatores demográficos e sócio-econômicos associados às
mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira:
discussão dos resultados de uma análise integrada de
dados censitários e de sensoriamento remoto, através de
um sistema de informação geográfica***

Humberto Prates da Fonseca Alves*

Palavras-chave: 1. Desmatamento; 2. Mata Atlântica - Aspectos ambientais; 3. Sensoriamento remoto - Aspectos ambientais; 4. Sistemas de informação geográfica.

Resumo

Neste trabalho, vamos apresentar e discutir a metodologia e os principais resultados da minha tese de doutorado intitulada “Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto”, recém apresentada ao IFCH-UNICAMP. As duas perguntas gerais que a tese procurou responder foram: 1) Qual o papel dos fatores demográficos e sócio-econômicos nos processos de mudanças na cobertura da terra, ocorridos na região do Vale do Ribeira, na década de 1990? 2) Qual o papel das unidades de conservação, da topografia e da infra-estrutura viária e urbana nos referidos processos de mudanças na cobertura da terra? A metodologia geral, que utilizamos para a análise empírica dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira, foi a integração de dados censitários e de sensoriamento remoto (imagens de satélite), ao nível dos setores censitários, através de um sistema de informação geográfica (SIG). Os resultados das análises mostraram que os setores censitários rurais do Vale do Ribeira, que apresentaram maiores taxas de desmatamento recente (período 1990-99), em geral possuem maior volume e densidade populacional, apresentam melhores condições sócio-econômicas, possuem malha viária mais densa e estão localizados fora de unidades de conservação. As análises revelaram que a densidade demográfica [do setor censitário] é o principal fator associado ao desmatamento no Vale do Ribeira. No entanto, encontramos uma fraca associação entre crescimento populacional e desmatamento. Já a renda e outras condições sócio-econômicas, como escolaridade e saneamento, possuem associações positivas com o desmatamento, contrariando a visão convencional de que a pobreza rural é um grande vetor de desmatamento nos trópicos. Por fim, as análises também mostraram que a presença de unidades de conservação é, atualmente, o principal fator de preservação dos remanescentes florestais da região.

* Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambú-MG – Brasil, de 20- 24 de Setembro de 2004.

* Doutor em Ciências Sociais pelo Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e pesquisador colaborador do NEPO-UNICAMP.

Fatores demográficos e sócio-econômicos associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira: discussão dos resultados de uma análise integrada de dados censitários e de sensoriamento remoto, através de um sistema de informação geográfica*

Humberto Prates da Fonseca Alves*

1) Introdução

Neste trabalho, vamos apresentar e discutir a metodologia e os principais resultados de um estudo sobre os fatores associados às mudanças na cobertura da terra, em particular o desmatamento recente de remanescentes florestais da Mata Atlântica, na região do Vale do Ribeira, no estado de São Paulo¹.

As questões gerais, que o estudo procurou responder e que orientaram as análises, foram:

I) Quais os principais fatores associados aos processos de mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente de remanescentes florestais), ocorridos na região do Vale do Ribeira, na década de 1990?

II) Qual o papel dos fatores demográficos e sócio-econômicos nos processos de mudanças na cobertura da terra, ocorridos na região do Vale do Ribeira, na década de 1990?

III) Qual o papel das unidades de conservação, da topografia e da infra-estrutura viária e urbana nos referidos processos de mudanças na cobertura da terra? Como estes elementos estão interagindo com os fatores demográficos e sócio-econômicos?

Para responder às questões colocadas, a metodologia geral, que utilizamos para a identificação e análise empírica dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra, foi a integração de dados sócio-demográficos (provenientes dos censos demográficos do IBGE) e dados de mudanças na cobertura da terra (gerados através da classificação de imagens de satélite), através de um sistema de informação geográfica (SIG).

O primeiro desafio para a aplicação desta metodologia foi a definição da unidade espacial de agregação dos dados de sensoriamento remoto, de modo a poder integrá-los com os dados censitários e, assim, estabelecer as relações entre os fatores sócio-demográficos e as mudanças na cobertura da terra.

Diversos estudos, que relacionam dados sócio-econômicos e imagens de satélite, fazem-no nas escalas das unidades administrativas, como estado, região ou município. Nestes

* Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambú-MG – Brasil, de 20- 24 de Setembro de 2004.

* Doutor em Ciências Sociais pelo Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e pesquisador colaborador do NEPO-UNICAMP.

¹ O referido estudo, a partir do qual foi elaborado o presente artigo, é minha tese de doutorado: ALVES, Humberto P. F. (2004). Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto. Tese de Doutorado em Ciências Sociais, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

casos, existe uma perfeita correspondência espacial entre os dados de cobertura da terra, agregados ao nível destas unidades, e os dados sócio-demográficos advindos de censos ou outras fontes secundárias. Porém o problema destes estudos é que, ao agregar os dados de sensoriamento remoto para grandes escalas espaciais, eles acabam perdendo a informação referente à diversidade de tipos de uso e cobertura da terra no interior destas unidades, como, por exemplo, os municípios (Wood & Skole, 1998).

Por outro lado, estudos mais recentes têm feito a integração de dados de sensoriamento remoto com informações demográficas e sócio-econômicas, derivadas de *surveys*, na escala dos domicílios e propriedades agrícolas. Muitas vezes, tais *surveys* são realizados pelos próprios pesquisadores, com questionários possuindo um grande número de variáveis (McCracken *et al.*, 1999). Apesar da riqueza e precisão destas análises, a sua principal limitação é a pequena cobertura e abrangência geográfica, uma vez que os *surveys* cobrem apenas uma amostra da população. Além disso, na maioria das vezes, dados sócio-demográficos ao nível do domicílio não possuem uma referência espacial clara, além de urbano e rural, como é o caso dos microdados dos censos demográficos. Assim, muitas vezes, não é possível estabelecer uma correspondência espacial entre o domicílio e determinada porção do território, de modo a poder relacionar as características sócio-demográficas com as mudanças na cobertura da terra.

Uma alternativa, tanto às análises realizadas em macro-escalas quanto às realizadas na micro-escala dos domicílios, é a utilização do setor censitário como unidade espacial de análise. O setor é a menor unidade espacial de agregação da informação censitária e, portanto, possui a qualidade de ser uma escala relativamente detalhada, além da grande vantagem de possuir total cobertura espacial da população e do território.

Assim, a utilização da escala do setor censitário apresenta uma série de vantagens em relação à escala municipal, pois permite captar a diversidade sócio-demográfica e da cobertura da terra no interior do município. Além de abranger uma menor diversidade de classes de cobertura da terra, os setores permitem a incorporação de outras variáveis espaciais, como topografia e presença de unidades de conservação, de uma forma muito mais detalhada. No caso do Vale do Ribeira, devido à utilização dos perímetros das unidades de conservação para determinar os limites de grande parte dos setores censitários, foi possível classificar os setores segundo as diferentes categorias de restrição ao uso da terra (ou de zoneamento), que são unidade de conservação de uso indireto, área de proteção ambiental (APA) e fora de unidade de conservação.

Pelas razões apontadas, elegemos o **setor censitário** como unidade espacial de agregação dos dados de sensoriamento remoto, de modo a poder integrá-los com os dados censitários e fazer as análises dos fatores relacionados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira.

Além dos dados censitários, também trabalhamos com dados espaciais relativos à presença de unidades de conservação, topografia e acesso a infra-estrutura viária e urbana, gerados através do sistema de informação geográfica. Assim, analisamos as inter-relações dos fatores demográficos, sócio-econômicos e dos fatores relativos a unidades de conservação, topografia e acesso a infra-estrutura viária e urbana com as mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente) na escala dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

2) Breves considerações sobre a integração de dados censitários e dados de sensoriamento remoto

Desde o final dos anos 1980, tem havido um crescente interesse na promoção de pesquisa interdisciplinar sobre as chamadas ‘dimensões humanas das mudanças ambientais’, com a integração de metodologias, bases de dados e grupos de pesquisa das ciências naturais e das ciências sociais (Liverman *et al.*, 1998). As mudanças na superfície terrestre, como os processos de desmatamento, desertificação, expansão agropecuária e urbanização, têm sido um dos principais temas de pesquisa, na qual está ocorrendo esta integração, com a incorporação de análises de dados sócio-econômicos e demográficos à agenda de pesquisa sobre as mudanças no uso e cobertura da terra (Projeto LUCC - *IGBP-IHDP Land Use Cover Change Project*).

Dados censitários – não apenas no Brasil, mas também em outros países – são praticamente as únicas fontes comparáveis de dados demográficos e sócio-econômicos para grandes áreas. Do mesmo modo, imagens de satélite, que hoje podem ser obtidas para praticamente qualquer lugar do globo, são virtualmente as únicas fontes de dados da cobertura terrestre para grandes extensões geográficas. Além disso, inovações tecnológicas em *software* e *hardware*, como o *Global Positioning System* (GPS) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), facilitaram muito a produção, organização e análise espacial de dados sócio-econômicos (Wood & Skole, 1998; McCracken *et al.*, 2002).

Relacionar dados censitários com dados de sensoriamento remoto é relativamente simples, se o dado censitário possuir limites geográficos claros. Porém, os níveis (escalas) e as unidades espaciais em que os dados censitários são coletados e tabulados (agregados) geralmente seguem as divisões político-administrativas, as quais, muitas vezes, não correspondem às unidades espaciais de análise (e observação) do fenômeno a ser estudado, particularmente fenômenos ambientais (McCracken *et al.*, 2002).

Assim, a disponibilidade do dado censitário acaba influenciando (ou até determinando) a escolha da escala de análise. O setor censitário, por exemplo, é a menor escala (ou unidade espacial) de agregação da informação censitária, abrangendo em média 300 domicílios². Com isso, um estudo que utilize dados censitários georeferenciados terá necessariamente, como limite inferior de análise, a escala do setor censitário. Esta limitação é particularmente importante em áreas rurais ou pouco habitadas, onde a área do setor censitário é muito maior do que em áreas urbanas, o que dificulta muito análises mais detalhadas da relação entre variáveis censitárias e variáveis de uso/cobertura da terra, e impede a comparação entre setores urbanos e rurais. Outras restrições são a baixa periodicidade dos censos e a omissão de observações em áreas com pequena população por razões de sigilo. Portanto, as características da organização dos dados censitários limitam as possibilidades de análise de muitos aspectos das relações entre fatores sócio-demográficos e mudanças ambientais (McCracken *et al.*, 2002).

Outra grande dificuldade das análises com dados censitários na escala do setor censitário são as alterações na malha dos setores entre as datas censitárias. Isto dificulta a análise temporal da evolução e mudanças das variáveis sócio-demográficas ao longo dos censos, na escala dos setores. Por motivos científicos e de políticas públicas, os censos demográficos não deveriam alterar completamente a malha de setores de um censo para outro. As alterações necessárias deveriam ser feitas de modo a preservar a comparabilidade entre os censos, através de desmembramentos dos setores e não de redefinição das áreas.

Já as imagens de satélite oferecem uma cobertura espacial completa da área abrangida pela imagem, através de uma superfície raster, que é uma série de pixels dispostos em linhas e colunas. Uma cena do satélite Landsat TM, por exemplo, cobre uma área de aproximadamente 183 por 170 km. Um pixel é a menor unidade espacial para a qual o dado de cobertura da terra está disponível, e a resolução espacial de uma imagem de satélite indica

² Esta média de 300 domicílios só é válida para áreas urbanas. Nas áreas rurais, há uma grande variação no número de domicílios existentes em um setor censitário.

o tamanho do pixel. Informações importantes sobre este tipo de imagem são as resoluções espacial (ou unidade mínima de mapeamento) e espectral (número de bandas no espectro eletromagnético que o sensor capta) e a porcentagem da imagem coberta por nuvens (Evans & Moran, 2002).

Hoje em dia, o custo para se adquirir uma imagem de satélite não processada é relativamente baixo. Os maiores custos estão associados à análise da imagem e decorrem do trabalho necessário para fazer a classificação. O processamento e classificação de uma imagem de satélite é um trabalho intensivo, que está sujeito a muitos erros, principalmente relacionados ao georeferenciamento e à classificação (Evans & Moran, 2002).

Uma classificação convencional costuma discriminar as seguintes classes de cobertura da terra: floresta, agricultura, áreas urbanas e corpos d'água. Uma classificação mais detalhada pode discriminar diferentes tipos de floresta (florestas naturais x plantadas), diversos estágios de regeneração florestal e usos agrícolas variados (pastagem x cultivos anuais). Com imagens classificadas para várias datas, pode-se identificar áreas que sofreram mudanças na cobertura da terra, como a derrubada de uma floresta ou o abandono de um cultivo e posterior regeneração florestal.

Ao se sobrepor, a uma imagem classificada com mudanças na cobertura da terra, um mapa ou cartografia com os limites das propriedades agrícolas de uma região, por exemplo, pode-se identificar os proprietários que realizaram atividades de uso da terra, as quais resultaram nas mudanças observadas.

3) Metodologia do estudo sobre o Vale do Ribeira: integração de dados censitários e de sensoriamento remoto através de um sistema de informação geográfica

Como dissemos, a metodologia geral, para análise empírica dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra, foi a integração de dados sócio-demográficos (censitários) e dados de mudanças na cobertura da terra (sensoriamento remoto), através de um sistema de informação geográfica (SIG).

O SIG integra e relaciona os seguintes tipos de base de dados: 1) mapas de mudanças na cobertura do solo (imagens de satélite classificadas, em formato *raster*); 2) cartografias digitais dos limites político-administrativos, infra-estrutura e meio físico (formato vetorial e *raster*) e 3) base de dados demográficos e sócio-econômicos georreferenciados às malhas dos municípios e setores censitários.

A seguir, fazemos uma breve descrição dos tipos de dados que integram o SIG:

- a) Base de dados demográficos e sócio-econômicos, ao nível de município e setor censitário, para os municípios paulistas do Vale do Ribeira nos anos de 1991 e 2000. Estes dados foram georreferenciados aos mapas vetoriais, através de um identificador único para cada município e setor censitário.
- b) Mapas de cobertura da terra (formato *raster*), resultantes da classificação das imagens de satélite, para os anos de 1981, 1990 e 1999; e mapas de mudanças na cobertura da terra (gerados pelas matrizes de transição) para os períodos de 1981-1990 e 1990-1999³.

³ Realizamos o trabalho de preparação (georeferenciamento e calibração atmosférica) e classificação de três imagens de satélite *Landsat*, correspondentes aos anos de 1981, 1990 e 1999, e referentes à cena 220/77, que cobre a região do Vale do Ribeira. A classificação foi feita no software ERDAS Imagine 8.4, através da combinação de classificação supervisionada e não supervisionada. As imagens de 1990 e 1999 são do satélite *Landsat Thematic Mapper* (TM), com resolução espacial (tamanho de pixel) de 30 por 30 metros. A imagem de 1981 é do satélite *Landsat Multi Spectral Scanner* (MSS), com resolução de 80 por 80 metros. Após a classificação das imagens, construímos as chamadas “matrizes de transição”, referentes aos intervalos (períodos) entre as datas das três imagens classificadas: 1981-1990 e 1990-1999. Uma matriz de transição pode ser definida

- c) Cartografias digitais em formato vetorial, representando limites dos municípios, setores censitários, unidades de conservação, rede hidrográfica, estradas, centros urbanos, limites da bacia e sub-bacias do Ribeira do Iguape e topografia (esta última em formato *raster*)⁴.

Ao lado das variáveis censitárias, pudemos gerar, através do SIG, uma série de variáveis, que completaram a base de dados da nossa tese. Estas estão organizadas em quatro grandes grupos, que são: 1) variáveis de cobertura da terra; 2) variáveis relativas às unidades de conservação (ou categoria de restrição ao uso da terra); 3) variáveis de topografia e 4) variáveis de acesso a infra-estrutura viária e urbana.

As variáveis de mudanças na cobertura da terra foram geradas através da extração dos dados de [mudanças na] cobertura da terra agregados ao nível dos setores censitários e municípios. Ou seja, fizemos, inicialmente, a sobreposição (*overlay*) das cartografias dos setores e municípios do Vale do Ribeira aos mapas de cobertura da terra, gerados pela classificação das imagens de satélite. Posteriormente, calculamos, através do SIG, a área de cada classe de cobertura (e de mudança na cobertura) da terra para as unidades espaciais de análise município e setor censitário. Como foi dito, este método permitiu a integração dos dados censitários com os dados de sensoriamento remoto.

O mapa 1 (p. 6) mostra como foram geradas as variáveis de mudanças na cobertura da terra, através da sobreposição dos *layers* de municípios e setores censitários ao *layer* com as classes de mudanças na cobertura da terra entre 1990 e 1999.

As variáveis relativas às unidades de conservação foram geradas através da sobreposição dos *layers* das unidades de conservação (uso indireto e APAs) às malhas dos municípios e setores censitários do Vale do Ribeira. A utilização destas variáveis se revelou extremamente interessante para nossas análises, porque pudemos testar se a presença das unidades de conservação tem ou não efeito sobre as mudanças na cobertura da terra e desmatamento na escala dos setores censitários. O mapa 2 (p. 6) mostra como foram geradas as variáveis relativas às unidades de conservação, através da sobreposição do *layer* das unidades de conservação às malhas de municípios e setores.

As variáveis de topografia foram geradas através de um Modelo Digital de Elevação. Fazendo a sobreposição das malhas dos setores e municípios ao modelo de elevação, pudemos calcular uma série de estatísticas descritivas a respeito da topografia dos setores e municípios, entre as quais a elevação e declividade médias do setor/município, variação da elevação e declividade dentro do setor/município, elevação e declividade mínima e máxima do setor/município. Cabe destacar que as variáveis de topografia foram parte importante da análise, uma vez que a elevação e, principalmente, a declividade têm uma influência decisiva no uso e cobertura da terra na região do Vale do Ribeira. O mapa 3 (p. 7) mostra como foram geradas essas variáveis, através da sobreposição dos *layers* de municípios e setores censitários ao modelo digital de elevação.

Também geramos variáveis de acesso a infra-estrutura viária e urbana, através da sobreposição de *layers* das estradas e cidades às malhas dos setores e municípios. Assim, pudemos calcular a área (e a porcentagem da área) do município e setor coberta pelos *buffers*

como uma análise multi-temporal de duas ou mais imagens classificadas, com objetivo de captar e quantificar mudanças no uso e cobertura da terra entre dois ou mais períodos. Através deste método, foi possível quantificar as mudanças na cobertura da terra entre 1981, 1990 e 1999, para as unidades de análise setor censitário e município. As principais trajetórias de uso e cobertura da terra, que podem ser observadas, são: desmatamento, regeneração florestal e manutenção de áreas de remanescentes florestais.

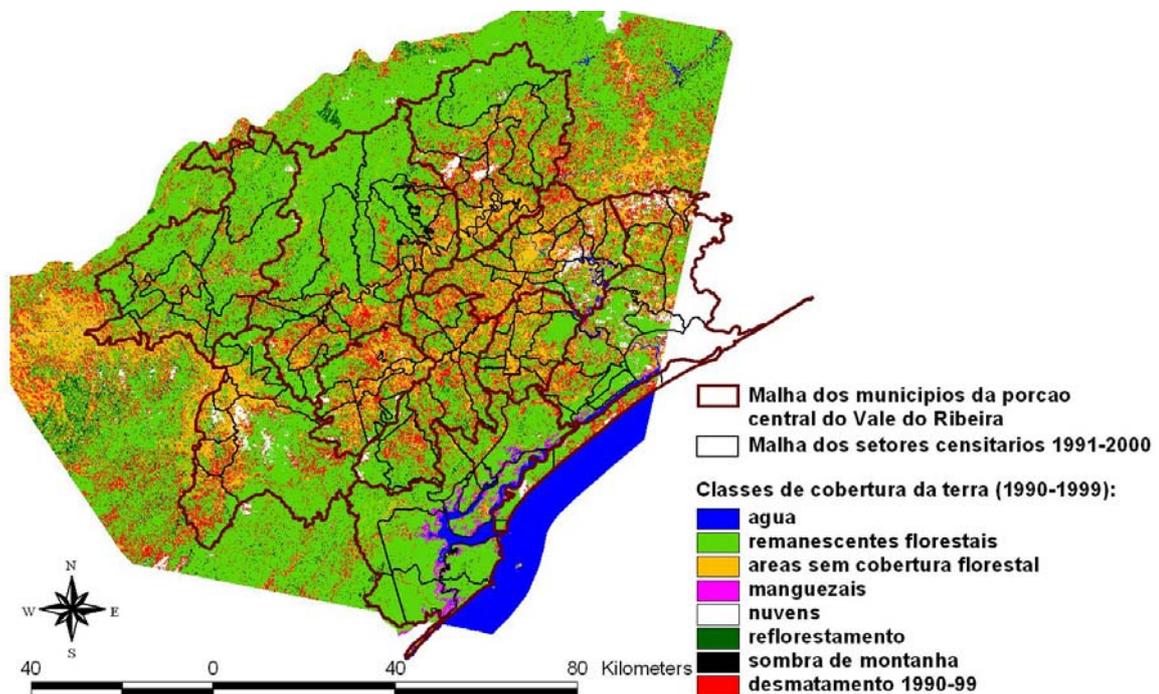
⁴ Todas as cartografias digitais, assim como as imagens de satélite, foram registradas e georeferenciadas a mapas, com as coordenadas geográficas da região do Vale do Ribeira, e projetadas no sistema *Universal Transverse Mercator* (UTM), de maneira a possibilitar a sobreposição (*overlay*) entre as diversas cartografias e as imagens e, assim, gerar as variáveis espaciais através do SIG.

(margens no entorno) de estradas e cidades. Com isso, conseguimos obter um tipo de mensuração da área de cada setor e município com maior proximidade e acesso às infra-estruturas viária e urbana. O mapa 4 (p. 7) mostra como foram geradas essas variáveis de acesso à infra-estrutura viária e urbana.

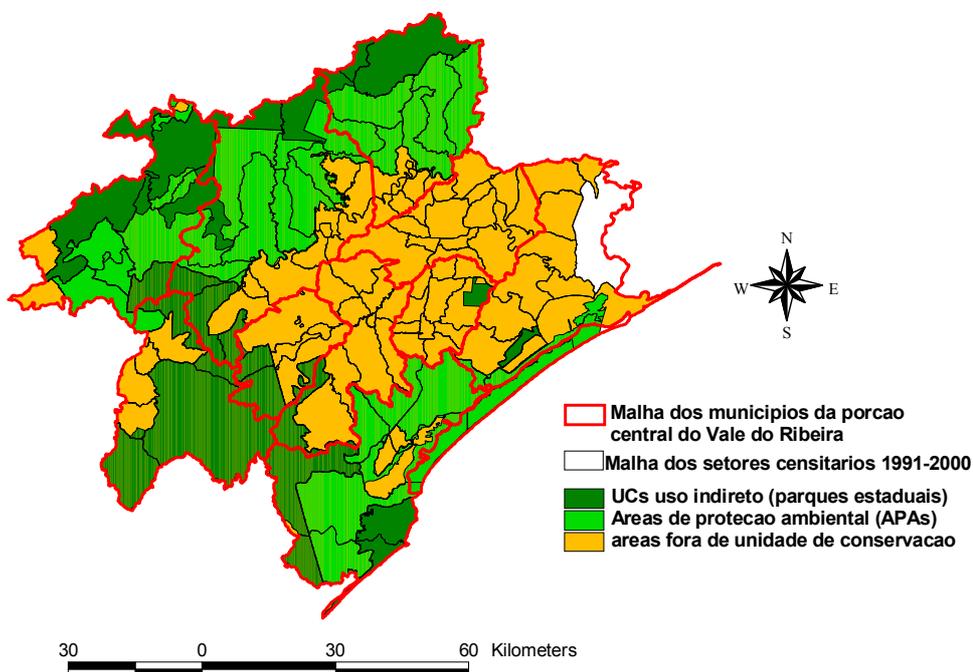
Tendo gerado este conjunto de variáveis, descrito acima, construímos uma base de dados do Vale do Ribeira paulista, na qual, à cada município e setor censitário, estão associados os seguintes grupos de variáveis:

- i. variáveis censitárias (demográficas e sócio-econômicas) de 1991 e 2000;
- ii. variáveis de cobertura da terra de 1981, 1990 e 1999;
- iii. variáveis de categoria de restrição ao uso da terra (unidades de conservação);
- iv. variáveis de topografia;
- v. variáveis de acesso a infra-estrutura viária e urbana.

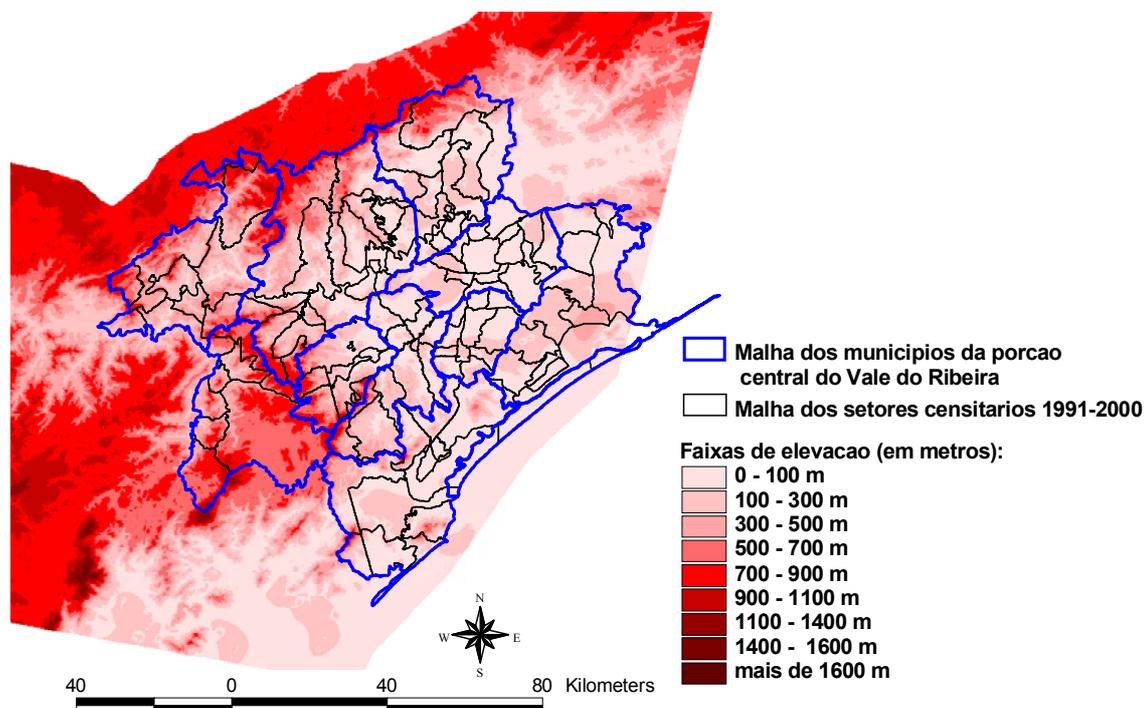
Mapa 1
Sobreposição das malhas dos municípios e setores censitários ao *layer* de cobertura da terra do Vale do Ribeira (imagens classificadas) para geração das variáveis de mudanças na cobertura da terra



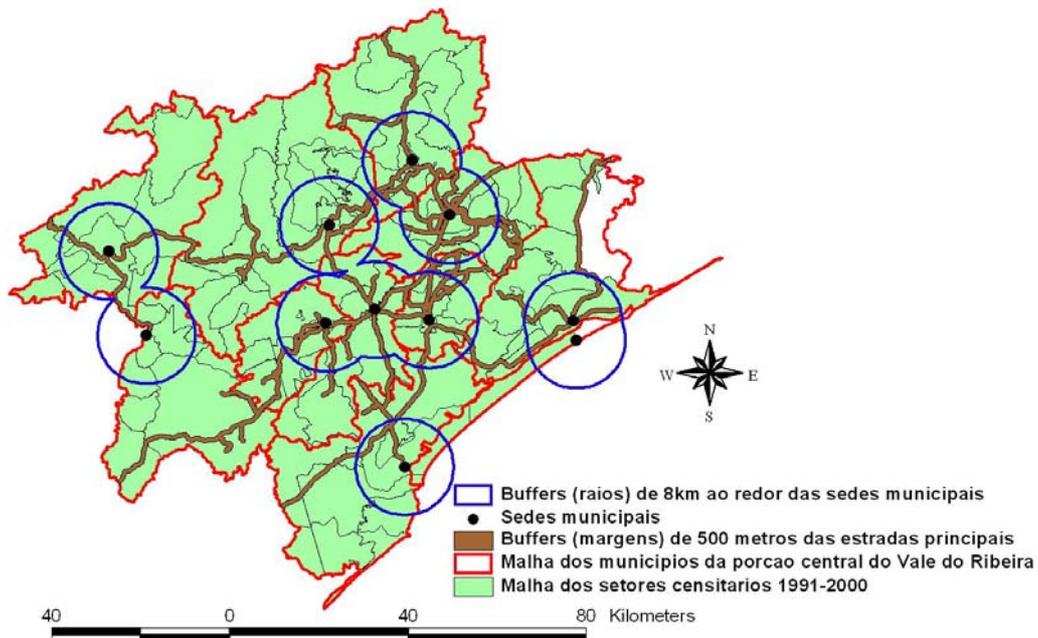
Mapa 2
Sobreposição do *layer* de unidades de conservação às malhas dos municípios e setores censitários para geração das variáveis relativas às unidades de conservação



Mapa 3
Sobreposição (*overlay*) das malhas dos municípios e setores censitários ao modelo digital de elevação do Vale do Ribeira para geração das variáveis de topografia



Mapa 4
Sobreposição dos *layers* dos *buffers* das estradas e sedes municipais às malhas dos municípios e setores censitários para geração das variáveis de acesso a infra-estrutura viária e urbana



4) Resultados da análise das relações entre fatores sócio-demográficos, topografia, acesso a infra-estrutura, unidades de conservação e o desmatamento recente dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira

Na tabela 1, podemos ver que, entre as variáveis independentes que selecionamos, os fatores positivamente associados ao desmatamento recente são os seguintes:

- tamanho, densidade e crescimento da população (fatores demográficos);
- níveis de renda e escolaridade e presença de saneamento básico (condições sócio-econômicas);
- rede viária e proximidade das sedes urbanas municipais.

Já os fatores negativamente associados ao desmatamento são:

- pobreza (porcentagem de chefes de domicílios pobres);
- topografia (variação da elevação);
- presença de unidades de conservação.

Tabela 1
Coefficientes de correlação linear entre a taxa de desmatamento recente e variáveis independentes selecionadas. Setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

	Taxa de desmatamento recente	
	Correlação linear (todos os setores)	Correlação linear (exclusive setores <i>outliers</i>)
Densidade demográfica em 2000	0,486(**)	
Porcentagem da área setor censitário nos raios de 10 km das sedes municipais	0,452(**)	
Porcentagem de domicílios com banheiro ou sanitário (em 2000)	0,391(**)	0,405(**) ⁽²⁾
População residente em 2000	0,362(**)	
Porcentagem da área do setor censitário nos <i>buffers</i> de 1 quilômetro das estradas	0,361(**)	
Número médio de anos de estudo dos chefes de domicílios do setor (em 2000)	0,355(**)	0,395(**) ⁽²⁾
Crescimento populacional 1991-2000	0,324(**)	
Renda média dos chefes de domicílios do setor em sal. min. (em 2000)	0,195(*)	0,356(**) ⁽³⁾
Varição da elevação do setor censitário	-0,490(**)	
Porcentagem de chefes de domicílios pobres (em 2000)	-0,349(**)	-0,382(**) ⁽²⁾
Categoria de restrição ao uso da terra (presença ou não de unidades de conservação)	(0,452) ⁽¹⁾	

** Correlação é significativa ($p < 0,01$).

* Correlação é significativa ($p < 0,05$).

(1) Coeficiente de determinação (R^2) da análise de variância

(2) Excluído um setor censitário *outlier* do município de Eldorado

(3) Excluídos dois setores censitários *outliers* com renda média superior a 6 salários mínimos

Fonte: IBGE. Censos Demográficos 1991 e 2000 e Imagens Landsat TM de 1990 e 1999 (cena 220/77)

Como mostra a tabela 1, o fator (ou variável) com maior associação positiva com o desmatamento recente é a densidade demográfica do setor censitário, com correlação linear de 0,486. Já o segundo fator, mais associado ao desmatamento, é a proximidade das sedes urbanas municipais, com correlação linear de 0,452.

Além disso, a densidade demográfica e a proximidade das sedes urbanas também estão bastante correlacionadas entre si⁵. Assim, é possível que a forte correlação entre densidade e desmatamento também esteja refletindo o efeito da proximidade das sedes municipais sobre as taxas de desmatamento dos setores censitários.

Depois da proximidade das sedes, a presença de saneamento básico (porcentagem de domicílios com banheiro) é o fator com maior associação positiva com as taxas de desmatamento recente, com correlação linear de 0,391 (e de 0,405 excluindo-se um setor *outlier*). Além da presença de saneamento, os níveis de escolaridade e renda apresentam correlações lineares positivas com o desmatamento de, respectivamente, 0,395 e 0,356⁶. Estas correlações apresentam valores relativamente expressivos, o que, provavelmente, está ligado ao fato de que melhores condições sócio-econômicas (que significam maiores níveis de renda e de consumo) implicam em maiores demandas sobre produtos agrícolas e florestais, além de

⁵ A correlação linear entre a densidade demográfica do setor e a sua localização nos entornos de 10 km das sedes municipais é significativa e positiva, com valor de 0,538.

⁶ Valores das correlações excluindo-se os setores *outliers*.

maior disponibilidade de recursos para investir nas atividades agrícolas e, conseqüentemente, aumentam a probabilidade de desmatamento. Por outro lado, a renda gerada pelo desmatamento também pode ter melhorado as condições sócio-econômicas da população de vários setores.

Juntamente com as condições sócio-econômicas, o tamanho da população do setor em 2000 apresenta uma expressiva associação positiva com o desmatamento recente, com correlação linear de 0,362.

A densidade da malha viária do setor censitário também está positivamente associada ao desmatamento. Como mostra a tabela 1, a correlação entre a porcentagem da área do setor, dentro dos *buffers* de 1 km das estradas, e o desmatamento é de 0,361. Além disso, a rede viária apresenta uma alta correlação com a densidade demográfica⁷, o que mostra o importante papel das estradas na distribuição espacial da população e aponta para a possibilidade de que a associação entre densidade demográfica e desmatamento também esteja refletindo o efeito da malha viária sobre as taxas de desflorestamento.

Além da densidade demográfica, os fatores sócio-econômicos também estão bastante correlacionados com a malha viária e com a proximidade das sedes urbanas. Ou seja, os setores com melhores condições sócio-econômicas, em geral, possuem malha viária mais densa e localizam-se no entorno das sedes municipais. Assim, é possível que as correlações entre fatores sócio-econômicos e desmatamento também estejam refletindo os efeitos da malha viária e da proximidade das sedes sobre o desmatamento.

Por fim, o crescimento demográfico, entre 1991 e 2000, apresenta a mais baixa associação positiva com o desmatamento entre as variáveis selecionadas, com correlação de 0,324⁸. Ao contrário da densidade, o crescimento da população não parece ter um efeito importante sobre o desmatamento recente.

Também podemos ver na tabela 1 que os fatores negativamente associados com o desmatamento são o grau de pobreza da população, a topografia (variação da elevação) e a presença de unidades de conservação.

O grau de pobreza da população (porcentagem de chefes de domicílios pobres) apresenta correlação negativa de -0,349 com o desmatamento, o que mostra que os setores com maiores porcentagens de pobres possuem uma tendência a apresentar menores taxas de desmatamento.

A topografia exerce um importante efeito negativo sobre o desmatamento, com correlação negativa relativamente forte de -0,490 entre a variação da elevação e a taxa de desmatamento do setor. Assim, a topografia é a variável que apresenta a mais alta correlação linear (em módulo) com o desmatamento, superior até à correlação linear entre densidade demográfica e desflorestamento.

A presença de unidades de conservação também tem um efeito significativo sobre as taxas de desmatamento observadas nos setores censitários, sendo que as maiores taxas ocorrem nos setores fora de unidades de conservação.

Em síntese, as relações entre as variáveis independentes e o desmatamento mostram que os setores censitários rurais, com maiores taxas de desmatamento recente, em geral possuem maior tamanho e densidade populacional, localizam-se nos entornos de 10 km das sedes municipais, possuem malha viária mais densa, têm melhores condições sócio-econômicas e apresentam maior crescimento demográfico. Além disso, os setores com mais

⁷ A correlação linear entre a densidade demográfica e a densidade da malha viária do setor é significativa e positiva, com valor de 0,699.

⁸ Se não expurgarmos dois setores *outliers*, a correlação entre renda média e desmatamento apresenta valor mais baixo (0,195) do que a correlação entre crescimento demográfico e desmatamento.

desmatamento estão, em geral, localizados em terrenos com topografia mais suave e fora de unidades de conservação, além de apresentarem menor grau de pobreza.

Os fatores que apresentam associações positivas mais fortes com o desmatamento são a densidade demográfica e a proximidade das sedes urbanas, as quais também estão positivamente correlacionadas entre si. Já os fatores com maiores associações negativas com o desmatamento são a topografia (variação da elevação) e a presença de unidades de conservação.

Na verdade, todos estes fatores (variáveis independentes) estão bastante correlacionados entre si, o que sugere que não devemos considerar o efeito de cada um deles isoladamente, mas devemos pensá-los no contexto de uma “rede de relações” entre os diferentes fatores, com efeitos diretos e indiretos sobre os processos de desmatamento recente dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

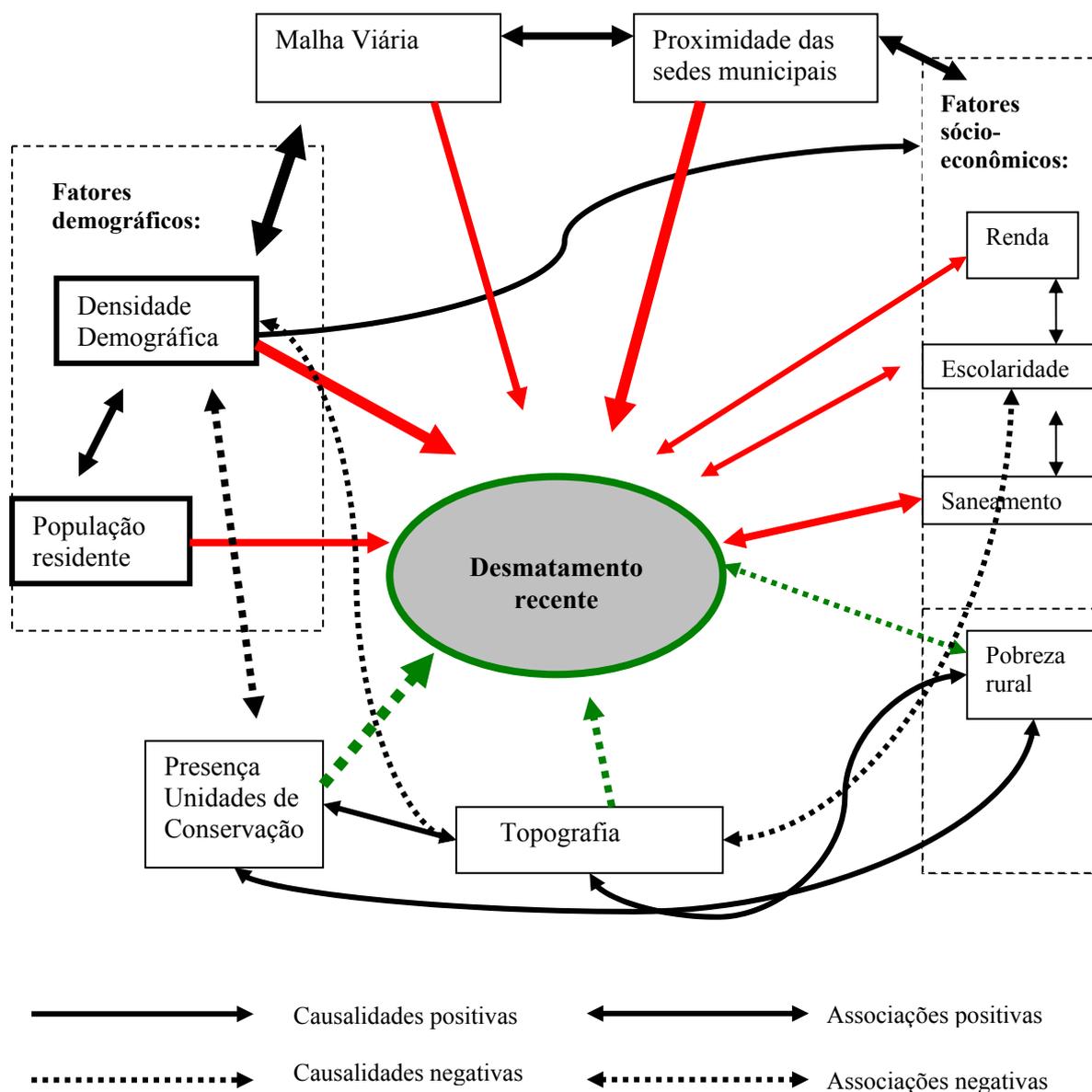
Com base nesta ‘rede de relações’ entre as variáveis independentes e as taxas de desmatamento dos setores censitários rurais, propusemos um modelo qualitativo (ou gráfico) de correlação e causalidade entre fatores sócio-demográficos, topografia, acesso a infraestrutura, unidades de conservação e o desmatamento recente do Vale do Ribeira (ver gráfico 1, p. 11).

Através deste modelo gráfico, podemos ver que uma série de fatores atuam conjuntamente, com efeitos positivos e negativos, na determinação do desmatamento. Ainda que este modelo seja derivado das correlações observadas entre as variáveis independentes e o desmatamento, é possível inferir diversas relações causais a partir destas correlações. Algumas relações causais são muito evidentes, como as que envolvem as variáveis de topografia e unidades de conservação e as mudanças na cobertura da terra. Já outras relações causais não são tão evidentes, mas são bastante prováveis, tais como as relações dos fatores demográficos e do acesso a infra-estrutura viária e urbana com o desmatamento. Nestes casos, acreditamos que o tamanho e densidade da população, a malha viária e a proximidade das sedes urbanas podem ser considerados vetores de desmatamento, na escala dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

Nas correlações entre desmatamento e fatores (condições) sócio-econômicos, entretanto, é mais difícil determinar a relação de causalidade e o seu sentido. Como as variáveis sócio-econômicas selecionadas são do Censo 2000 e, portanto, de uma data posterior ao desmatamento, é possível que o processo de desmatamento tenha gerado renda para a população residente em alguns setores censitários e, assim, possibilitado a melhoria das condições sócio-econômicas desta população.

Além disso, é preciso considerar que as correlações e causalidades observadas, entre as variáveis, também refletem o processo de ocupação da região. Inicialmente, a topografia condicionou a distribuição espacial da população, a qual, posteriormente, teve grande influência na localização das cidades, no traçado e, principalmente, na densidade da malha viária. Numa etapa seguinte, a própria malha viária e as cidades acabaram condicionando a (re)distribuição espacial da população urbana e rural. Ao longo desse processo, as diferentes inter-relações entre estes fatores exercem efeitos diretos e indiretos sobre o desmatamento no Vale do Ribeira.

Gráfico 1
Modelo qualitativo de correlação e causalidade entre fatores sócio-demográficos, topografia, acesso a infra-estrutura, unidades de conservação e o desmatamento recente da porção central do Vale do Ribeira (rede de relações entre variáveis independentes e as taxas de desmatamento dos setores censitários rurais)



Fonte: IBGE. Censo Demográfico 2000 e Imagens Landsat TM de 1990 e 1999 (cena 220/77)

5) Discussão e contextualização dos resultados com base na literatura sobre desmatamento nos trópicos

Após apresentar os resultados do modelo e da análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira, tratamos de discuti-los e contextualizá-los, cotejando-os com a literatura internacional sobre desmatamento. Nossas principais

referências foram duas recentes revisões de modelos e estudos de caso de desmatamento nos trópicos, realizadas por Kaimowitz & Angelsen (1998) e Geist & Lambin (2001).

Organizamos a discussão em função dos grupos de fatores (variáveis independentes) que incluímos no nosso modelo de desmatamento. Assim, discutimos o papel [nos processos de desmatamento] dos fatores demográficos, das condições sócio-econômicas e da pobreza, das estradas e da proximidade das sedes urbanas, da topografia e das unidades de conservação. Todos estes fatores são apontados como possíveis vetores de desmatamento nos estudos e modelos das duas referidas revisões da literatura.

Fatores demográficos (tamanho, densidade e crescimento da população)

Talvez o fator mais citado e controverso, como vetor de desmatamento, seja a população ou o crescimento populacional ou, ainda, a noção de ‘pressão demográfica’. Ainda que diversos autores considerem que se tem dado uma ênfase excessiva à população, como vetor de desmatamento, o *status* já adquirido e a facilidade de quantificação continuam dando, à população, um lugar de destaque na literatura sobre desmatamento (Mather & Needle, 2000).

A maioria dos modelos globais de desmatamento⁹ encontra associações positivas entre desmatamento e alguma medida (variável) de ‘pressão populacional’ (e.g. tamanho, densidade, crescimento). Porém, como a maior parte dos modelos globais utiliza os dados de desmatamento da publicação *Forest Resource Assesment* da FAO, a qual utilizou dados de população para estimar o desmatamento em muitos países, os resultados obtidos pelos modelos globais precisam ser vistos com cautela (Rudel & Roper, 1997; Lambin, 1994).

Na escala regional, estudos sobre o Brasil, Equador, México, Filipinas e Tailândia (Pfaff, 1999; Wood & Skole, 1998; Southgate *et al.*, 1991) também encontraram correlações positivas entre tamanho e densidade da população e desmatamento. No entanto, a forte associação entre população e desmatamento, encontrada em modelos globais e regionais, geralmente diminui ou até desaparece quando outras variáveis independentes são acrescentadas. Em diversos modelos regionais, isto acontece porque a densidade demográfica está altamente correlacionada com a rede de estradas, com a proximidade de mercados urbanos, com a qualidade dos solos e com a distribuição espacial das atividades econômicas. Assim, a alta correlação entre densidade demográfica e desmatamento pode estar apenas refletindo o efeito de outros fatores sobre o desmatamento (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Já as evidências encontradas, nestes modelos, sobre a relação entre crescimento populacional e desmatamento (ou cobertura florestal), são fracas e pouco convincentes. Os estudos e modelos revistos não sustentam a visão convencional de que o crescimento populacional via altas taxas de fecundidade seja um importante vetor de desmatamento. Na verdade, a imigração para áreas florestais, com baixas densidades demográficas, é que possui um papel importante no desmatamento, principalmente em regiões de fronteira (Geist & Lambin, 2001; Angelsen & Kaimowitz, 1999).

Na revisão de 152 estudos de caso de desmatamento nas escalas regional e local feita por Geist & Lambin (2001), fatores demográficos aparecem em 93 estudos (61% do total) como fatores subjacentes ou vetores de desmatamento, tendo um impacto significativo sobre o desflorestamento nos trópicos, mas ficando atrás de fatores econômicos, político-institucionais, tecnológicos e sócio-culturais.

⁹ **Modelos globais** representam a categoria com o maior número de modelos de desmatamento na literatura. Nestes modelos, as unidades de análise são os países e, portanto, utilizam dados (variáveis) à escala nacional (como população, renda per capita, crescimento econômico, dívida externa), para fazer generalizações ao nível mundial sobre os principais processos que afetam o desmatamento nos trópicos.

Além disso, a revisão dos autores mostrou que o impacto dos fatores demográficos sobre desmatamento sempre se dá em conjunto com outros fatores (econômicos, políticos, etc.), uma vez que, em nenhum dos casos revistos, a população aparece isoladamente como fator associado ao desmatamento. Também há uma grande variação entre os três continentes estudados (Ásia, África e América Latina), sendo que os fatores demográficos são mais frequentes como vetores de desmatamento nos estudos de caso da África.

Diversos estudos de caso revistos fazem menção às noções de ‘pressão demográfica’ e de ‘crescimento populacional’ de maneira vaga ou imprecisa, sem especificar a que variáveis estão se referindo. Assim, entre os estudos em que a variável demográfica pôde ser identificada, o principal efeito da dinâmica demográfica sobre o desmatamento está ligado à imigração de fazendeiros, agricultores e outros grupos sociais para áreas florestais de fronteira, ocorrendo em 38% dos estudos de caso sobre desmatamento. Já o impacto da população, através da densidade demográfica, aparece em 25% dos casos revistos, enquanto o crescimento populacional é citado, em apenas 8% dos estudos, como fator associado ao desmatamento (Geist & Lambin, 2001).

Os resultados do modelo e das análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira mostraram que a densidade demográfica é o fator (variável) que apresenta a maior associação positiva com as taxas de desmatamento dos setores censitários rurais. Além disso, o tamanho da população também apresentou correlações significativas com as mudanças na cobertura da terra¹⁰.

Os valores relativamente elevados, que encontramos para as correlações entre densidade demográfica e desmatamento, assemelham-se aos resultados obtidos por grande parte dos modelos globais, os quais mostram os fatores demográficos (principalmente o tamanho, densidade e crescimento da população) como os principais vetores de desmatamento das florestas tropicais (Mather & Needle, 2000; Allen & Barnes, 1985). No entanto, nossos resultados divergem um pouco das conclusões apresentadas pelas duas revisões mais recentes dos estudos de caso e modelos de desmatamento, que mostram que a população (e a sua densidade) não é o fator mais importante na maioria dos processos de desmatamento, principalmente nas escalas regional e local (Geist & Lambin, 2001; Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Por outro lado, vimos que a densidade demográfica dos setores censitários rurais do Vale está altamente correlacionada com a malha viária e com a proximidade das sedes municipais. Kaimowitz & Angelsen (1998) afirmam que, em muitos modelos revistos, a densidade demográfica, aos níveis regional e local, estava bastante correlacionada com outros fatores, com destaque para a rede viária e a proximidade de mercados urbanos. Assim, à semelhança destes modelos, a forte correlação encontrada entre densidade demográfica e desmatamento, nos setores rurais do Vale do Ribeira, também pode estar refletindo o efeito das estradas e da proximidade das sedes sobre o desflorestamento.

Já Geist & Lambin (2001) afirmam que, nos estudos de caso revistos, os fatores demográficos não afetam o desmatamento de maneira isolada, mas em conjunto com outros fatores. Constatamos o mesmo no modelo do Vale do Ribeira, com diversos fatores influenciando (junto com a população) sobre o desmatamento, tais como a rede de estradas, a proximidade das sedes e as condições sócio-econômicas.

Por fim, um ponto importante de convergência entre nossos resultados e os estudos de caso revistos é a pequena importância do crescimento populacional nos processos de desmatamento. Nos setores censitários rurais do Vale do Ribeira, ainda que a relação entre crescimento da população e taxa de desmatamento seja significativa, ela apresenta a mais baixa correlação com o desflorestamento entre as variáveis independentes selecionadas.

¹⁰ Não pudemos mensurar o efeito da migração sobre o desmatamento porque os dados da amostra do censo demográfico não estão disponíveis para setores censitários.

Renda e condições sócio-econômicas

Diversos modelos globais de desmatamento, com enfoque nos países subdesenvolvidos localizados nos trópicos, encontram associações positivas entre maior renda per capita e maior desmatamento (Capistrano & Kiker 1995; Rock, 1996). Porém, como foi dito, é conveniente analisar os resultados destes modelos com cautela, uma vez que eles possuem grandes deficiências de dados (principalmente sobre desmatamento) e de metodologia.

Alguns autores encontraram uma curva de Kuznetz para a relação entre renda per capita e desmatamento nos países pobres com florestas tropicais, ou seja, para baixos níveis de renda, há uma correlação positiva entre aumento da renda e aumento do desflorestamento, até se atingir um determinado patamar de renda, a partir do qual a relação se inverte, e a correlação entre as variáveis torna-se negativa (Rock, 1996).

Entre os modelos globais de desmatamento revistos por Kaimowitz & Angelsen (1998), em 8 deles observou-se uma correlação positiva entre renda e desmatamento; em 5 modelos verificou-se tanto efeitos positivos como negativos da renda sobre o desmatamento (e.g. curva de Kuznetz); e, em apenas 2, observou-se uma correlação negativa entre as duas variáveis¹¹. Assim, existe uma certa tendência dos modelos globais em encontrar associações positivas entre renda e desmatamento (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Os resultados dos modelos regionais a respeito do efeito dos níveis de renda sobre o desmatamento são controversos. Por um lado, maiores níveis de renda significam maior demanda por produtos agrícolas e florestais e maior disponibilidade de recursos para investir em atividades agrícolas, provocando, assim, um aumento do desmatamento. Mas, por outro, regiões com maiores níveis de renda (e maiores salários agrícolas) tornam as atividades, ligadas ao desmatamento (agricultura e corte de madeira), menos lucrativas, desestimulando, desta forma, a remoção das florestas. Portanto o predomínio de uma agricultura comercial (com assalariamento) ou de uma agricultura de subsistência pode modificar a relação entre renda e desmatamento.

No nosso modelo do Vale do Ribeira, a renda e outras condições sócio-econômicas (e.g. escolaridade e saneamento) apresentam associações positivas com o desmatamento, resultado que vai na mesma direção de diversos modelos globais e regionais revistos por Kaimowitz & Angelsen (1998). Porém, é importante observar que eventuais semelhanças dos nossos resultados com os modelos globais de desmatamento devem ser tomadas com ressalvas, uma vez que as unidades de análise nos modelos globais são os países. Portanto existem enormes diferenças de escala entre as variáveis utilizadas nos modelos globais e as que utilizamos no nosso modelo.

Pobreza

Na revisão dos estudos de caso de desmatamento feita por Geist & Lambin (2001), a pobreza (definida das mais diversas maneiras nos estudos de caso revistos pelos autores) aparece como fator associado ao desmatamento em apenas 15% dos casos, principalmente na Ásia, com 25% dos casos daquele continente.

A revisão feita por Kaimowitz & Angelsen (1998) também encontrou poucas evidências empíricas sobre a relação entre desmatamento e pobreza. Segundo os autores, “se a remoção da cobertura florestal requer investimentos, pessoas com mais renda estariam em melhor situação para desmatar do que pessoas pobres” (Angelsen & Kaimowitz, 1999: 92).

¹¹ Nos demais modelos, não se verificou nenhuma relação entre renda e desmatamento, ou a variável renda não foi incluída no modelo.

Os resultados, que encontramos para os setores censitários do Vale do Ribeira, também contrariam a visão convencional de que a pobreza rural é um grande vetor de desmatamento nos trópicos. Nos setores rurais da porção central do Vale, o grau de pobreza dos chefes de domicílios está negativamente associado com o desmatamento recente e positivamente associado com a cobertura florestal remanescente.

Estradas e proximidade de áreas urbanas

Os modelos de desmatamento geralmente encontram associações positivas entre as taxas de desmatamento e o maior acesso às florestas. A construção de estradas é um fator particularmente importante para o desflorestamento em países com grandes áreas de floresta, que estariam quase inacessíveis sem a presença de estradas (Rudel & Roper, 1996; 1997). No entanto, relativamente poucos modelos globais de desmatamento incorporam as estradas como variáveis independentes, talvez pela própria dificuldade de se mensurar esta variável para a escala de um país.

Os modelos espaciais¹² são os mais apropriados para se analisar os efeitos do acesso às florestas. Tais modelos têm sido utilizados para estudar regiões de vários países, como Belize, Camarões e Costa Rica, e todos eles encontram uma forte associação positiva entre rede viária e desmatamento, ou seja, florestas mais próximas de estradas são mais propensas a serem desmatadas. A maioria destes estudos mostra que há um rápido declínio do desmatamento a partir de 2 ou 3 km de distância das estradas (Chomitz & Gray, 1996; Mertens & Lambim, 1997; Rosero-Bixby & Palloni, 1998).

Com relação à proximidade de mercados, Chomitz & Gray (1996), num estudo sobre Belize, chegam ao resultado de que áreas próximas de mercados urbanos têm menos cobertura florestal remanescente. Já Mertens & Lambim (1997), num estudo sobre a República dos Camarões, afirmam que a taxa de desmatamento diminui drasticamente a partir de 10 km de distância das áreas urbanas. Todavia ocorre um baixíssimo desmatamento a uma distância inferior a 3 km das cidades, uma vez que a maior parte da floresta, nestes locais, já foi removida no passado.

Na revisão dos 152 estudos de caso sobre desmatamento feita por Geist & Lambin (2001), a presença de estradas (em particular a extensão da malha viária) é considerada uma importante causa direta (*proximate cause*) do desmatamento nos trópicos, estando associada ao desflorestamento em 61% dos casos revistos¹³. Nos estudos de caso da Ásia e África, a expansão da rede de estradas está associada a metade dos casos revistos, enquanto, na América Latina, nada menos que 76% dos estudos mostram uma relação entre estradas e desmatamento. Já o aumento do acesso a mercados urbanos, principalmente através da melhoria da infra-estrutura de transportes, também é citado, em 18% dos casos, como fator subjacente ao desmatamento.

No nosso modelo do Vale do Ribeira, a proximidade das sedes municipais é o fator (variável) que apresenta a segunda mais alta correlação positiva com o desmatamento, além de estar altamente correlacionada com a densidade demográfica.

A rede de estradas também apresenta correlação positiva com o desmatamento, mas o valor é mais baixo do que as correlações do desflorestamento com outras variáveis, como a própria proximidade das sedes, tamanho da população e presença de saneamento. Contudo há

¹² Os **modelos espaciais** medem os impactos, na cobertura da terra, de variáveis com caráter espacial, como distância de mercados, rede de estradas, topografia, qualidade dos solos, índice pluviométrico, densidade demográfica e categorias de zoneamento territorial. As análises espaciais tornaram-se mais difundidas, com o advento de sistemas de informação geográfica e dados digitais sobre cobertura da terra.

¹³ Na revisão dos estudos de caso, Geist & Lambin (2001) consideram qualquer tipo de estrada, pavimentada ou não, e mesmo pequenas estradas abertas por madeireiras ou mineradoras.

uma forte associação negativa entre a rede de estradas e a porcentagem de cobertura florestal remanescente do setor censitário, o que sugere que deve ter havido um efeito importante da abertura de estradas sobre o desmatamento no passado.

Topografia

Entre as características do meio físico, a qualidade do solo é a mais citada na revisão de Geist & Lambin (2001), como fator associado ao desmatamento, estando presente em 8% dos casos. Já a topografia, especialmente a declividade, é citada em apenas 5% dos estudos de caso, a grande maioria na América Latina. Tais estudos mostram que a topografia plana ou suave favorece o desmatamento.

Países (ou regiões), com pequenas extensões de florestas ou com remanescentes florestais, geralmente possuem uma grande proporção de suas florestas em áreas montanhosas, com menores atrativos econômicos para serem desmatadas, particularmente para agricultura, devido às altas declividades e má qualidade do solo (Rudel & Ropper, 1997).

Dados, como topografia e qualidade dos solos, são difíceis de se obter para grandes escalas. Ainda que estes dados estejam disponíveis de forma agregada para países, por exemplo, é a sua variabilidade espacial que tem efeitos importantes na cobertura da terra (Evans & Moran, 2002). Por estas razões, variáveis relativas à topografia não são comuns em modelos globais.

Mesmo nos modelos regionais não espaciais¹⁴, também é difícil obter dados ou interpretar resultados relativos a atributos do meio físico, como solos e topografia, uma vez que tais atributos variam muito no interior de uma unidade administrativa, como um estado, região ou, até mesmo, um município (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Apesar de não ser muito recorrente nos estudos revistos por Geist & Lambin (2001), a topografia exerce uma enorme influência sobre os processos de mudanças na cobertura da terra em muitas regiões e, particularmente, na do Vale do Ribeira. Nos setores censitários do Vale, vimos que a topografia (variação da elevação) possui uma forte associação negativa com o desmatamento, sendo a variável que apresenta a mais alta correlação linear (em módulo) com o desmatamento, superior até à correlação linear entre densidade demográfica e desflorestamento.

Unidades de conservação

Aparentemente, poucos modelos de desmatamento incorporam variáveis relativas a unidades de conservação ou áreas protegidas. Na revisão de Kaimowitz & Angelsen (1998), apenas dois modelos mencionam áreas protegidas como fatores relacionados ao desmatamento, e ambos concluem que o *status* de área protegida diminui a probabilidade de um território ser desmatado.

Já um importante estudo, que analisou 93 áreas protegidas em 22 países tropicais, concluiu que a maioria das unidades de conservação, especialmente as de uso indireto, como parques e estações ecológicas, tem sido bem sucedida na proteção das florestas tropicais, o que, para os autores, é surpreendente, tendo em vista a crônica falta de recursos financeiros e a grande pressão de uso da terra nos entornos destas áreas. As unidades de conservação têm

¹⁴ Os **modelos não-espaciais** ainda predominam na literatura sobre desmatamento. Estes modelos geralmente utilizam dados de desmatamento ou de cobertura florestal agregados ao nível de distrito, município, província, estado ou região e não fornecem nenhuma informação sobre a exata localização espacial do desmatamento no interior da unidade de análise.

sido particularmente eficientes em evitar o desmatamento, que é considerado a principal ameaça à biodiversidade nos trópicos (Bruner *et al.*, 2001).

Os resultados do nosso modelo do Vale do Ribeira também mostram que a presença de unidades de conservação tem tido um efeito importante sobre as taxas de desmatamento e sobre as porcentagens de cobertura florestal remanescente dos setores censitários rurais. Os setores, localizados dentro de unidades de conservação, apresentaram taxas de desmatamento significativamente mais baixas e porcentagens de remanescentes florestais significativamente mais altas do que os setores fora de unidades de conservação.

6) Síntese dos resultados e considerações finais

Em resumo, vimos que os fatores positivamente associados ao desmatamento recente são o tamanho, densidade e crescimento da população, os níveis de renda e escolaridade e a presença de saneamento básico (condições sócio-econômicas) e o acesso a infra-estrutura (rede viária e proximidade das sedes urbanas municipais). Já os fatores negativamente associados ao desmatamento são o grau de pobreza da população, a topografia e a presença de unidades de conservação.

Os principais vetores de desmatamento recente nos setores censitários rurais do Vale do Ribeira são a densidade demográfica e a proximidade das sedes urbanas. Por outro lado, a topografia e a presença de unidades de conservação são os fatores que têm exercido os maiores efeitos negativos sobre as taxas de desmatamento dos setores censitários rurais.

Como foi dito, é preciso considerar que as relações entre fatores sócio-demográficos, acesso a infra-estrutura, topografia, unidades de conservação e as mudanças na cobertura da terra também refletem o processo de ocupação do território na região do Vale do Ribeira. Este processo se deu mais intensamente nas áreas com topografia mais suave e, a partir da década de 1960, o traçado da BR-116 induziu o processo de ocupação do território e de concentração da população urbana (sedes municipais) e rural, da agricultura comercial e das principais atividades econômicas na área que corresponde ao baixo curso do rio Ribeira de Iguape e sub-bacia rio Jacupiranga, onde estão localizadas 6 sedes municipais e grande parte da malha viária regional. Esta é a área abrangida pelo agregado de setores censitários fora de unidades de conservação, que são aqueles com maiores volumes e densidades populacionais, melhores condições sócio-econômicas e que possuem as menores porcentagens de remanescentes florestais e as maiores taxas de desmatamento recente.

Nas demais áreas do Vale do Ribeira, que correspondem aos agregados de setores dentro de unidades de conservação (APAs e parques), o processo de ocupação do território foi bem menos intenso, principalmente devido à topografia acidentada (altas declividades) aliada à dificuldade de acesso. Historicamente, a topografia foi o principal fator que dificultou e impediu o desmatamento de muitas áreas do Vale. Mais recentemente, a partir dos anos de 1980, com a intensificação da política ambiental, foi implementada a maioria das unidades de conservação, nas áreas onde restavam os maiores remanescentes florestais da região, quase sempre localizados em áreas com topografia acidentada.

Assim, nos anos de 1980 e 1990, as unidades de conservação (juntamente com a topografia) têm atuado como as principais barreiras ao desmatamento e têm sido os grandes fatores de preservação dos remanescentes florestais do Vale do Ribeira. Por outro lado, os setores censitários rurais, localizados em unidades de conservação, caracterizam-se pelos baixíssimos volumes e densidades populacionais e pelas péssimas condições de vida da população (baixos níveis de renda e escolaridade, baixa presença de saneamento básico e alto grau de pobreza).

Portanto, se por um lado as unidades de conservação têm tido um relativo sucesso na preservação dos remanescentes florestais, por outro têm havido um esvaziamento

populacional destas áreas e a manutenção (ou piora) das más condições de vida da população residente no interior e entorno destas unidades. Nesse sentido, a questão que se coloca é que tipo de conservação ambiental está ocorrendo no Vale do Ribeira. Será que a pobreza e o esvaziamento populacional das áreas em unidades de conservação são condições necessárias para a preservação da cobertura florestal remanescente?

Por fim, cabe dizer que a relativa simplicidade e generalidade das relações, mostradas pelo modelo e pelas análises estatísticas que realizamos, não são capazes de dar conta da enorme complexidade e multiplicidade dos fatores envolvidos nos processos de mudanças na cobertura da terra na região do Vale do Ribeira. Como se sabe, os processos de desmatamento em curso no Vale e em outras regiões não ocorrem de maneira linear, não estão ligados a um único ou mesmo a alguns poucos fatores (ou vetores) e tampouco são a-históricos. Ao contrário, eles se dão através de diferentes combinações de fatores sociais, econômicos, demográficos, políticos, institucionais e do meio físico, os quais operam em várias escalas espaciais e temporais e interagem de maneiras diversas, em contextos ambientais, sociais e históricos específicos.

Segundo Lambin (1997: 389), “o principal obstáculo para o aprimoramento do entendimento e previsão dos impactos humanos nos ecossistemas terrestres é a ausência de uma teoria abrangente dos processos de mudanças no uso e cobertura da terra”. Neste sentido, tem havido um constante esforço, por parte da comunidade científica, na busca por novas teorias e metodologias de análise, que possibilitem um melhor equilíbrio (ou balanço) entre a abrangência geográfica, a precisão analítica e o realismo dos estudos e modelos de desmatamento.

No caso do nosso estudo sobre o Vale do Ribeira, também nos deparamos com este “dilema”. Por um lado, a simplicidade e a generalidade das análises de correlação e do modelo gráfico acabaram limitando as possibilidades de análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra. Mas, por outro lado, através destas análises, pudemos abranger o conjunto de setores censitários rurais do Vale do Ribeira (109 setores), o que seria impensável, por exemplo, para um estudo de caso detalhado, que envolvesse pesquisa de campo e análises mais qualitativas e históricas.

Portanto, a utilização das metodologias apresentadas possibilitou-nos construir uma análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira, ao mesmo tempo, com grande abrangência geográfica e com unidade espacial de análise bastante detalhada (setor censitário) e com a integração de um conjunto relativamente amplo e diversificado de variáveis (dados censitários, dados de sensoriamento remoto e outros dados espaciais) ao nível dos setores.

Para finalizar, gostaríamos de dizer que nossa tese de doutorado, ao integrar metodologias e bases de dados censitários e de sensoriamento remoto, procura inserir-se no contexto da pesquisa interdisciplinar sobre as chamadas dimensões humanas das mudanças ambientais, particularmente na agenda de pesquisa sobre as mudanças no uso e cobertura da terra. Nesse sentido, acreditamos que a tese traz algumas contribuições relevantes para as ciências sociais aplicadas e para a demografia e estudos de população, especialmente para o campo de estudos de população e meio ambiente.

Talvez a principal contribuição tenha sido a aplicação de uma metodologia de integração de dados censitários e dados de sensoriamento remoto, agregados ao nível do setor censitário, para a análise das relações entre fatores sócio-demográficos e mudanças na cobertura da terra, sendo assim um dos primeiros estudos de população e meio ambiente a aplicar este tipo de metodologia à escala do setor censitário.

7) Referências bibliográficas

ALLEN J. C. & BARNES D. F. (1985). "The causes of deforestation in developing countries". *Annals of the Association of American Geographers* 75, pp. 163–184.

ALVES, H. P. F. (2004). *Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto*. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). IFCH: UNICAMP, Campinas.

ANGELSEN, A. & KAIMOWITZ, D. (1999). "Rethinking the Causes of Deforestation: Lessons from Economic Models". *The World Bank Research Observer* 14, no. 1, pp. 73-98.

BRUNER, A. G. *et al.* (2001). "Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity". *Science* vol. 291, 5 January, pp. 125-128.

CAPISTRANO, A. D. & KIKER, C. F. (1995). "Macro-scale economic influences on tropical forest depletion". *Ecological Economics* 14, no. 1, pp.21-29.

CHOMITZ, K. M. & GRAY, D. A. (1996). "Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize". *World Bank Economic Review* 10, pp. 487-512.

EVANS, T. & MORAN, E. (2002). "Spatial Integration of Social and Biophysical Factors Related to Landcover Change". In LUTZ, W. *et al.* Population and Environment: Methods of Analysis. *Population and Development Review*. A Supplement to Volume 28. Population Council, New York.

GEIST, H. & LAMBIN, E. F. (2001). *What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate causes and underlying sources of deforestation based on subnational case study evidence*. LUCC Report Series No. 4.

IGBP-IHDP Land Use Cover Change Project (LUCC). Disponível em: <<http://www.icc.es/lucc/home.html>>. Acesso em: 20 out. 2003.

KAIMOWITZ, D. & ANGELSEN, A. (1998). *Economic models of tropical deforestation: a review*. Bogor, Indonesia: CIFOR.

LAMBIN, E. F. (1994). *Modelling Deforestation Process*. JRC-ESA, TREES Research Report # 1.

_____. (1997). "Modelling and Monitoring Land-Cover Change Processes in Tropical Regions". *Progress in Physical Geography* 21, no. 3, pp. 375-393.

LIVERMAN, D. M. *et al.* (1998). *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. Washington, D.C: National Academy Press.

MATHER, A. S. & NEEDLE, C. L. (2000). "The Relationships of Population and Forest Trends". *The Geographical Journal* 166, pp. 2-13.

McCRACKEN, S. *et al.* (2002). "Land-use Patterns on an Agricultural Frontier in Brazil: Insights and Examples from a Demographic Perspective". In WOOD, C. *et al* (eds.). *Patterns*

and Processes of Land Use and Forest Change in the Amazon. Gainesville: University of Florida Press.

McCRACKEN, S. *et al.* (1999). "Remote sensing and GIS at farm property level: Demography and deforestation in the Brazilian Amazon". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65, no. 11, pp. 1311-1320.

MERTENS, B. & LAMBIN, E. (1997). "Spatial modelling of deforestation in Southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes". *Applied Geography* 17(2), pp. 143-162.

PFAFF, A. S. P. (1999). "What drives deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from satellite and socioeconomic data". *Journal of Environmental Economics and Management* 37, no. 1, pp. 26-43.

ROCK, M. T. (1996). "The stork, the plow, rural social structure and tropical deforestation in poor countries?" *Ecological Economics* 18, no. 2, pp. 113-131.

ROSERO-BIXBY, L. & PALLONI, A. (1998). "Population and deforestation in Costa Rica". *Population and Environment* 20, no. 2, pp. 149-185.

RUDEL, T. K. & ROPER, J. (1996). "Regional Patterns and Historical Trends in Tropical Deforestation, 1976-1990: A qualitative comparative analysis". *Ambio* 25, no. 3, pp. 160-166.

_____. (1997). "The Paths to Rain Forest Destruction: Crossnational Patterns of Tropical Deforestation, 1975-90". *World Development* 25, no. 1, pp. 53-65.

SOUTHGATE, D. *et al.* (1991). "The Causes of Tropical Deforestation in Ecuador: A Statistical Analysis". *World Development* 19, no. 9, pp. 1145-1151.

WOOD, C. H. & SKOLE, D. (1998). "Linking satellite, census, and survey data to study deforestation in the Brazilian Amazon". In Liverman D. *et al.* (eds.) *People and Pixel: Linking remote sensing and social sciences*. Washington: National Research Council.