

Desmatamento em Rondônia: estudo de índices de paisagem e dados de agropecuária e PIB

Felix Carriello¹

Daniel Andres Rodriguez²

¹ Universidade Federal Fluminense – Departamento de Geografia
Instituto de Geociências – Campus da Praia Vermelha, Niterói/RJ, Brasil
felix-carriello@vm.uff.br

² Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC - INPE
daniel.andres@cptec.inpe.br

Abstract. This paper intends to study deforestation occurred in Rondonia, in Ji-Paraná Basin. Deforestation began in Amazonia intensively in the middle of XX century and Rondonia was one of the regions most intensively deforested. We study the Basin in the years of 1978 and 1980 and since 1983 till 2006. We analysed deforestation related to others data like cattle ranch, agriculture and population. We use landscape indexes and data from agriculture and cattle ranch to correlate the data. Landscape index shows a powerful tool to analyse remote sensing data correlated to socio-economic data. Spearman coefficients show strong correlation between south region and temporary agriculture and cattle ranch.

Palavras-chave: landscape index, geoprocessing, cattle ranch, sensoriamento remoto, indicadores de paisagem.

1. Introdução

O desmatamento na Amazônia inicia-se nos anos 70 do século passado (Fearnside, 2005) e em Rondônia inicia-se mais intensamente com a abertura da rodovia BR 364, Cuiabá/Porto Velho. Desde 1960 o estado apresenta crescimento da população maior que a média nacional. Este crescimento em determinados momentos foi vigoroso como o que ocorreu entre 1970 e 1980 quando sua população cresceu 16 %, mais de cinco vezes a média nacional e mais de três vezes a média da Região Norte (IBGE, 2008a). Todo esse crescimento da população era devido principalmente aos movimentos migratórios de colonos da região Sul em busca de terras para agricultura (Fearnside, 1988).

A fragmentação constitui uma forma de cobertura da terra, na qual, grandes áreas de floresta são substituídas por mosaicos irregulares, geralmente assimétricos, de floresta remanescente e de cobertura vegetal pela qual a floresta fora substituída (Laurence e Bierregaard, 1997), e constitui um dos padrões de paisagem característico das florestas tropicais na atualidade (Laurence e Bierregaard, 1997; Skole e Tucker, 1993). Esta fragmentação da paisagem afeta diretamente os processos ecológicos (p.e. Laurence et al., 1997), hidrológicos e climáticos (p.e. Avissar e Pielke, 1989; Kapos, 1989; Giambelluca et al., 2003; Ziegler et al., 2004) dos ecossistemas.

Este trabalho pretende analisar o desmatamento que ocorreu no estado de Rondônia nos anos de 1978, 1980, 1983 até 2006, através de índices de paisagem. Esses índices foram analisados correlacionando-os a dados municipais de rebanho efetivo, gado ordenhado, lavoura temporária e permanente, e PIB (Produto Interno Bruto) do estado.

2. Área de Estudo

A bacia de Ji-paraná possui perto de 75400 km² e está localizada no estado de Rondônia, na Amazônia Legal Brasileira. Para o desenvolvimento deste trabalho será considerada apenas a alta bacia, que se estende desde a nascente até a estação de Ji-Paraná (com 33000 km² de área de drenagem). O clima da região é predominantemente tropical, úmido e quente durante todo o ano, e de acordo com a classificação de Köppen corresponde ao tipo Aw, Clima tropical chuvoso. A amplitude térmica anual é insignificante, com média climatológica da temperatura anual de 24°C e superior aos 18°C durante o mês mais frio.

A bacia do Ji-Paraná foi dividida em duas regiões: norte e sul. Os municípios de Chupinguaia (CHU), Parecis (PAR) e Pimenta Bueno (PIB) fazem parte da região sul e

os municípios de Castanheira (CAS), Mirante da Serra (MDS), Nova Brasilândia do Oeste (NBO), Novo Horizonte do Oeste (NHO), São Felipe do Oeste, (SFO) Teixeiraópolis (TEI) e Urupás (URU) encontram-se na região norte. A figura 1 apresenta a região de estudo.

3. Metodologia

A análise espacial é uma poderosa ferramenta quando se trabalha com dados espacialmente distribuídos nos quais o arranjo espacial é importante na interpretação de resultados (p.e. Bailey e Gatrell, 1995, Frohn e Hao, 2006.). Neste tipo de análise, os padrões espaciais das variáveis são relacionados com os processos estudados. Os padrões espaciais podem ser quantificados através de índices baseados em conceitos estatísticos, geométricos, fractais, ou espectrais, que descrevem a métrica da paisagem. Os indicadores da paisagem resultam, em sua maioria, sensíveis a extensão da área analisada e as variações de escala, o que afeta seu desempenho (McGarigal e Marks, 1995 e Saura, 2004). Um índice de paisagem é dito eficaz quando resulta relativamente insensível a características arbitrárias de amostragem, ou com uma sensibilidade factível de ser prognosticada, mas apresenta uma importante sensibilidade ao padrão da paisagem (Frohn e Hao, 2006). Para este trabalho foram escolhidos alguns índices característicos, de acordo com as definições de McGarigal e Marks (1995) e de acordo com o estudo de Frohn e Hao (2006) sobre o desempenho dos mesmos.

3.1 Dados

Dados de índices de paisagem para a região de estudo foram obtidos de Rodriguez et al. (2008). Os mesmos foram obtidos utilizando mapas de classificação de vegetação desenvolvidos por Linhares (2005) e os mapas de monitoramento do desmatamento na Amazônia do PRODES (2001). Linhares (2005) utilizou-se de imagens orbitais dos sensores MSS/Landsat (Multi Spectral Scanner) (1978, 1980 e 1983) e TM/Landsat 5 (Thematic Mapper), (depois de 1983), a partir das bandas TM 3, TM 4 e TM 5, correspondentes aos anos de 1978, 1980 e de 1983 a 2001. A classificação realizada por Linhares (2005) segue a metodologia utilizada pelo Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia - PRODES (INPE, 2002). Uma discussão sobre esta metodologia pode ser encontrada em Alves (2001).

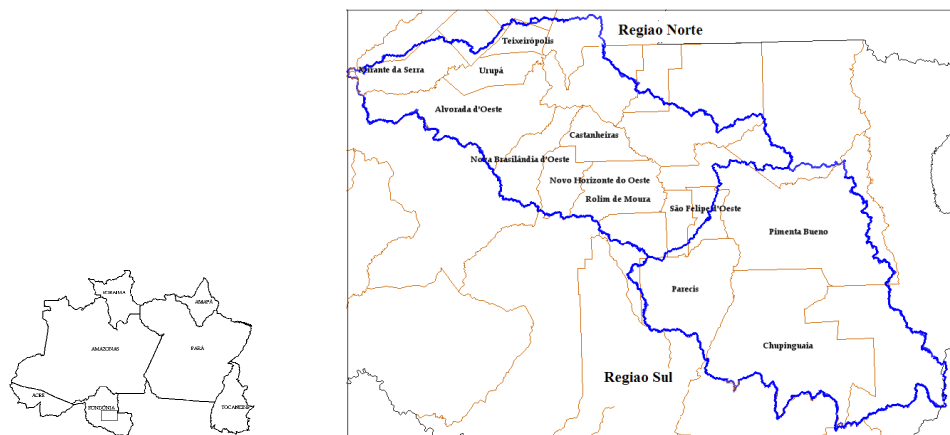


Figura 1 – Estados da região Norte e Bacia do Ji-Paraná/RO subdividida em bacias norte e sul e municípios.

Há uma grande variedade de indicadores de paisagem que foram agrupados segundo determinadas características por alguns autores. Mc Garigal e Marks (1995), agruparam os indicadores nas seguintes categorias: Indicadores de área; Indicadores de densidade; Indicadores de tamanho e variabilidade métrica dos fragmentos; Indicadores de forma; Indicadores de borda; Indicadores de núcleo; Indicadores distância de vizinho mais próximo; Indicadores de diversidade; e Indicadores de contágio e espalhamento.

Seguindo o trabalho de Frohn e Hao (2006), foram escolhidos índices que apresentam pouca variabilidade, ou uma variabilidade previsível, em função da variação de escala, os que podem ser agrupados em métricas de classe, que medem a área e proporção de uma determinada classe, métricas da forma, que medem a complexidade da fragmentação na paisagem, métricas do fragmento, que quantificam a distribuição e o tamanho dos fragmentos, e métricas de bordas, que quantificam a longitude e a distribuição das bordas entre fragmentos. Os índices escolhidos para este estudo foram densidade de fragmentos, densidade de bordas e porcentagem de área desmatada, que são definidos a seguir:

- **Métricas dos Fragmentos:**

Densidade de Área (PD): Indica a fragmentação de uma determinada classe temática no cenário, em forma normalizada:

$$PD = \frac{n_i}{A} \cdot 100 \quad (1)$$

n_i : Número de polígonos no cenário que pertencem à classe i

A: Área do cenário

- **Métricas das Bordas:**

Densidade de Bordas (ED): mede a longitude total de bordas em relação à área total do cenário:

$$ED = \frac{TE}{A} \quad (2)$$

TE: Longitude total das bordas no cenário

A: Área do cenário

- **Métricas de Classes:**

Porcentagem de área desmatada (PLAND): Quantifica a porcentagem de área que uma determinada classe ocupa no cenário estudado:

$$PLAND = \frac{CA}{A} \cdot 100 \quad (3)$$

CA: área da classe

A: Área do cenário

3.2 Dados do IBGE

Foram utilizadas informações sobre pecuária, agricultura, população e produto bruto interno no estado de Rondônia, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008b). Os dados de pecuária utilizados correspondem ao número de cabeças de gado bovino e de gado bovino ordenhado por municípios. Ambos os conjuntos de dados fazem parte da Pesquisa Pecuária Municipal. Os dados de agricultura utilizados correspondem à área plantada com lavoura temporária e com

lavoura permanente por municípios, e fazem parte da pesquisa sobre produção agrícola municipal. Os dados sobre o produto bruto interno correspondem à pesquisa sobre contas regionais do Brasil.

3.3 Evolução temporal

Foram estudadas as evoluções temporais e a variação anual dos índices da paisagem e dos indicadores econômicos e demográficos. Os indicadores municipais foram agrupados considerando a localização dos municípios, na região norte ou sul da bacia, e comparados com a variação nos índices da paisagem. Também foi analisadas a evolução do PIB no estado de Rondônia buscando relacioná-lo com a dinâmica no uso da terra mostrado pelos índices de paisagem.

3.4 Correlações não paramétricas

Utilizando as informações das variações anuais dos índices de paisagem e os indicadores econômicos dos municípios foram obtidos os coeficientes de correlação não paramétrica de Spearman. O coeficiente de correlação de Spearman é uma forma do coeficiente de correlação de Pearson no qual a informação é ordenada num ranking. A diferença da correlação de Pearson, a metodologia de Spearman não pressupõe uma distribuição estatística determinada para as variáveis utilizadas. Os coeficientes de correlação de spearman e sua significância estatística foram calculados de acordo com Zar (1972).

4. Resultados e discussão

O índice de paisagem PD (densidade de fragmentos) apresentado na figura 2, durante o período estudado não apresentou diferenças entre as duas regiões. Nas duas regiões, o índice tem comportamento de crescimento entre 1983 e 1984 e depois segue até 2001 sem apresentar tendências de aumento ou diminuição. Após 2001, nas duas regiões o índice apresenta tendência de crescimento, o que indica uma atividade crescente, que no caso deste índice, é o desmatamento.

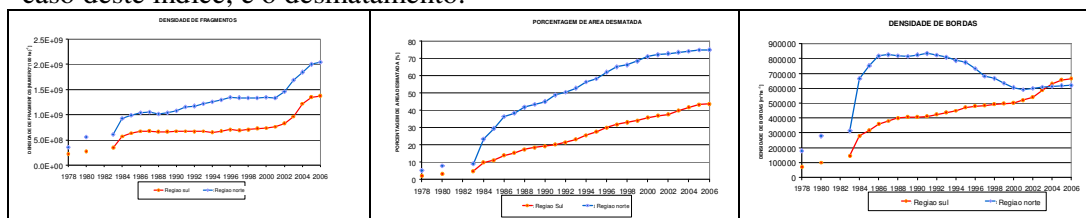


Figura 2 – Índices densidade de fragmentos (PD), índice porcentagem de área desmatada (PLAND) e índice densidade de bordas (ED) acumulados.

O índice PLAND (porcentagem de área desmatada) apresentado na figura 2, nas duas regiões apresenta contínuo crescimento desde 1982 até 2006. Ou seja, a dinâmica de desmatamento está ativa nas regiões. A diferença entre as duas regiões é que no caso da região norte quase 80 % da floresta já foi desmatado, ao contrário da região sul que apresenta ainda cerca de 60 % de floresta.

O índice densidade de bordas (ED) apresentado na figura 2 apresentou uma diferença importante entre as duas regiões após o ano de 1993: enquanto na região sul ele segue aumentando, na região norte ele diminui progressivamente após ter atingido um valor máximo. Na região norte, o processo de desmatamento exauriu a floresta, segue desmatando os fragmentos de florestas cada vez menores, num processo centrípeto. Na região Sul, ocorre um aumento da densidade de borda: os grandes fragmentos de florestas ainda podem ser divididos em grandes áreas que produzem grandes perímetros e estes ainda podem ser subdivididos em outros fragmentos. Significando que na região

sul há ainda desmatamento de floresta, na região norte o índice estaciona, pois quase toda floresta já foi desmatada, e dessa forma não há mais como crescer.

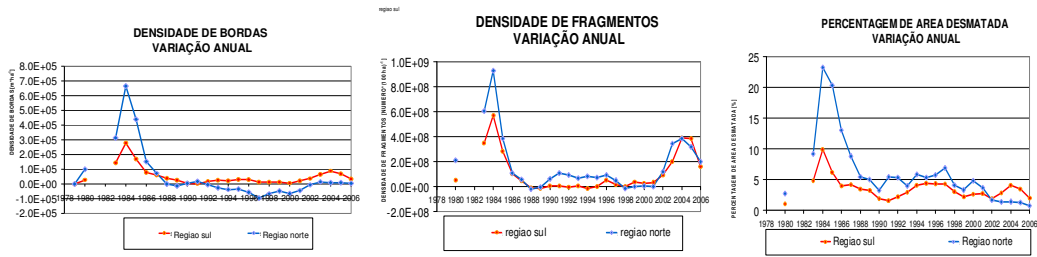
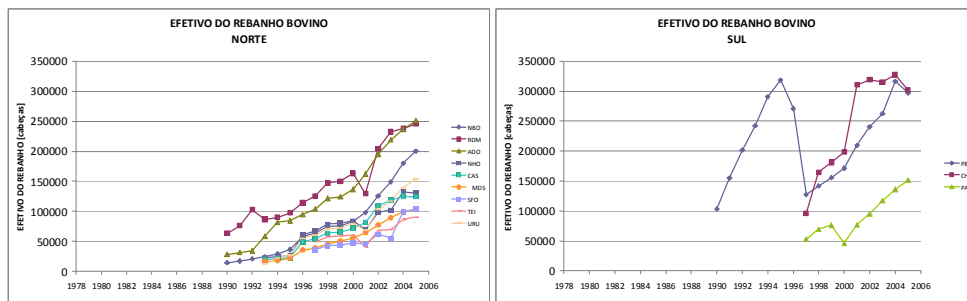


Figura 3 – Índices percentagem de área desmatada (PLAND), índice densidade de fragmentos (PD) e densidade de bordas (ED) anuais.

Os gráficos da figura 3 apresentam a variação anual na percentagem de área desmatada, a densidade de fragmentos e a densidade de bordas. Os três índices tiveram um grande incremento no ano de 1984. Após este ano, a percentagem de área desmatada apresenta oscilações menores, com o mesmo comportamento na parte norte e sul da bacia até o ano 2002. Durante todo este período as taxas de variação do índice foram maiores na parte norte da bacia. A partir do ano 2002, os incrementos anuais na percentagem de área desmatada passam a ser maiores na região sul do que na norte.

A densidade de fragmentos apresenta um comportamento similar em ambas as regiões. Após 1984, a aparição de novos fragmentos a cada ano diminui, apresentando uma pequena oscilação entre 1989 e 1998. Entre 1998 e 2001 a variação anual deste índice é pequena, e após este ano começa a se incrementar notoriamente, atingindo um máximo em 2004.

A variação anual na densidade de bordas apresenta comportamento diferente nas regiões norte e sul da bacia. Entre 1990 e 2000, enquanto o índice apresentava pequenas oscilações na parte sul, na parte norte da bacia as variações são negativas, destacando a diminuição na quantidade de bordas dentro da área já descrita anteriormente. Após o ano 2002 as variações na região norte são pequenas e na região sul se incrementa até atingir um valor máximo em 2004.



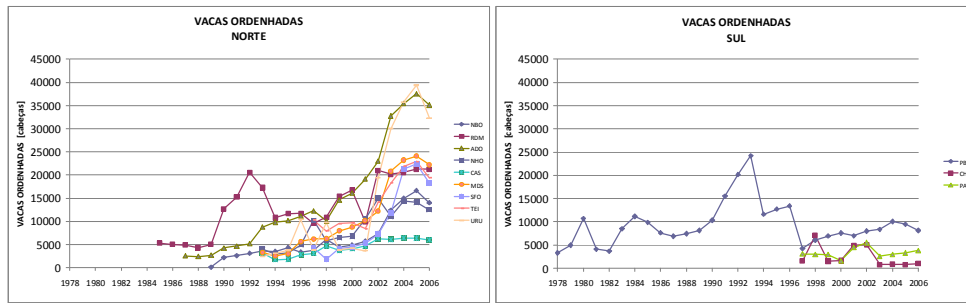
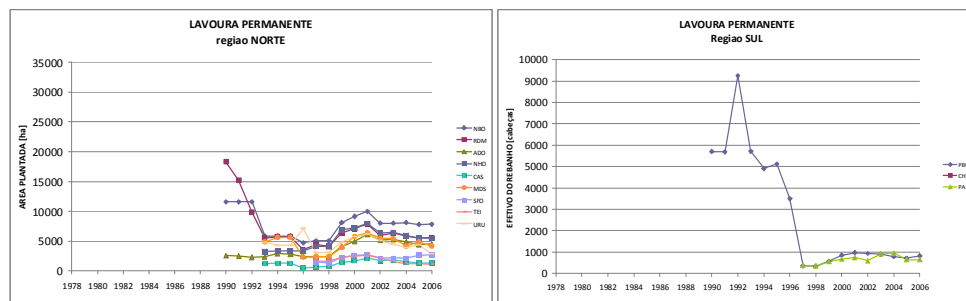


Figura 4 – Efetivo de rebanho bovino e vacas ordenhadas na região norte e sul, respectivamente

A figura 4 mostra os efetivos de rebanho bovino total e de rebanho bovino ordenhado nos municípios dentro das regiões norte e sul da bacia. Nos municípios de ambas as regiões, o número total de bovinos cresce vigorosamente. Na região norte o número de bovinos ordenhados tem se incrementado enquanto que na região sul a variação deste tipo de rebanho tem sido muito pequena. Isto implica que ocorre um crescimento do rebanho de gado leiteiro nos municípios do norte, enquanto que nos municípios do sul tem se acrescentado o número de cabeças destinadas ao corte. O número de efetivos bovinos totais nos municípios da região sul apresenta correlação positiva com os índices de paisagem. Nos municípios da região norte tem correlação positiva com a variação anual no ED e PD. O número de gado ordenhado nos municípios de ambas as regiões tem correlações positivas com as variações anuais em ED e PD.

A figura 5 mostra as áreas plantadas com lavouras permanentes e temporárias nas regiões norte e sul. Na região sul, as áreas plantadas temporárias e permanentes não apresentam muita variação após 1997, com exceção do município de CHU que teve um forte incremento no total de área utilizada para lavoura temporária. Na região norte, os municípios apresentam uma diminuição da área plantada permanente entre 1995 e 1998. Após este ano há um incremento desta área que diminui logo atingindo valores aproximadamente estáveis. Já a área com cultivos temporários, nos municípios desta região, tem diminuído até atingir valores semelhantes aos de cultivo permanente. A área plantada com lavoura permanente apresenta correlações positivas com a variação de PLAND nos municípios da região norte, enquanto que nos da região sul a correlação positiva se apresenta com as variações de ED e PD. Também as áreas de lavoura temporária tem correlação positiva com a variação de PLAND nos municípios da região norte, enquanto que no sul, novamente, a correlação positiva aparece restrita às variações em ED e PD.



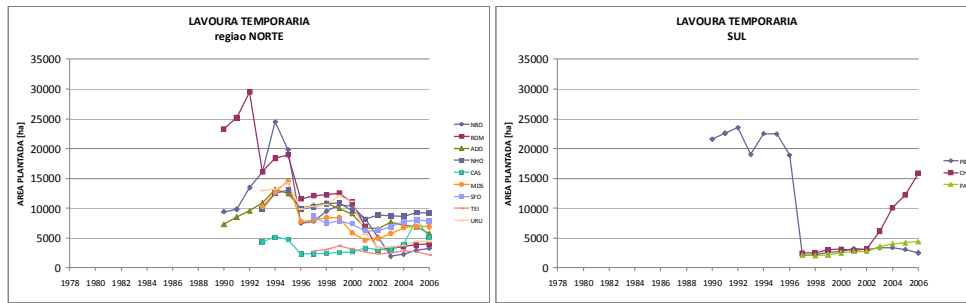


Figura 5 – lavoura permanente e temporária na região norte e sul respectivamente.

A figura 6 representa a variação do produto interno bruto no estado de Rondônia entre 1994 e 2004. É possível observar que após 1995 o incremento no PIB diminuiu, mantendo um valor quase constante até 2001. Após este ano o incremento anual no PIB se acelera respeito do período anterior. Estas variações no PIB do estado parecem bem associadas com as variações nos índices da paisagem que mostram a dinâmica na mudança no uso da terra dentro da bacia.

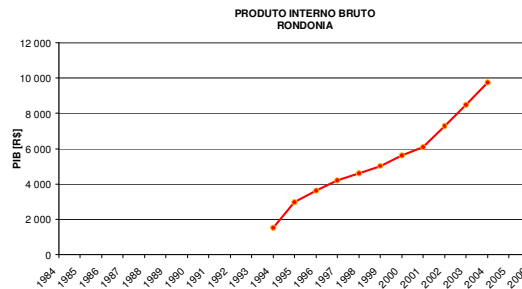


Figura 6 – Produto Interno Bruto anual de Rondônia.

4.1 Discussões

Variações nos índices de paisagem sugerem que as dinâmicas da ocupação da terra têm acontecido de forma diferente entre o norte e o sul da bacia. A percentagem de área desmatada no sul da bacia não supera o 40% no final do período, enquanto que na região norte supera o 70%. A maior exaustão da floresta na região norte resulta numa diminuição da densidade de borda a partir do ano 1991/1992. Isto sugere que a partir deste ano o desmatamento é realizado encolhendo os fragmentos existentes desde suas bordas (movimento centrípeto). Na região sul, o incremento na área de vegetação alterada é acompanhado pelo incremento na densidade de bordas. Nesta região novas áreas de desmatamento seriam criadas a partir da divisão de grandes fragmentos existentes.

A variação no efetivo de rebanho e no número de vacas ordenhadas mostra que a região sul possui uma maior exploração bovina de corte, enquanto que na região norte concentra-se maior número de gado para a produção de leite. Em geral população de assentados e pequenos produtores dedicam parte de suas áreas para a criação de gado leiteiro, como uma maneira de poupança ou renda assegurada.

As variações nas áreas plantadas com lavouras permanentes e com lavouras temporárias mostram uma maior expressividade da agricultura nos municípios da região norte. Entre os municípios na região sul, nota-se um importante incremento da área dedicada a lavoura temporária em Chupinguaia. Nos municípios da região norte a área dedicada a lavouras temporárias tem diminuído no período, enquanto que as áreas de lavoura permanente se incrementam.

A variação nos índices da paisagem aparece também associada com as variações no produto interno bruto do estado. Picos na densidade de bordas e de fragmentos, indicando a incursão sobre fragmentos existentes de floresta, aparecem relacionados com maiores incrementos no PIB.

As correlações dos indicadores em alguns municípios e os índices de paisagem em ambas regiões, mostram que enquanto na região norte existem correlações positivas entre a taxa de desflorestamento e a área dedicada a lavouras, na região sul as correlações com os indicadores econômicos são positivas para as variações em ED e PD.

Referencias Bibliográficas

- Alves, D.S., 2001: O processo de desflorestamento na Amazônia. *Parcerias Estratégicas*, n. 12, 259-275.
- Avisar, R., Pielke, R. A., 1989: A parameterization of heterogeneous land surfaces for atmospheric numerical models and its impact on regional meteorology. *Monthly Weather Review*, 117, 2113-2136.
- Bailey, T. C.; Gatrell, A. C., 1995: *Interactive spatial data analysis*. Essex: Longman, 413p.
- Fearnside, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. *Megadiversidade*, v.1, n.1, p113-122, julho 2005
- Fearnside, P.M. Causas do desmatamento na Amazônia brasileira. *Pará Desenvolvimento*, n.23, p. 24-33, jan/jul.1988
- Frohn, R. C.; Hao, Y., 2006: Landscape metric performance in analyzing two decades of deforestation in the Amazon Basin of Rondonia, Brazil. *Remote Sensing of Environment*, 100, n. 2, p. 237-251.
- Giambelluca, T.W.; Ziegler, A.D.; Nullet, M.A.; Truong, D.M.; Tran, L.T. 2003. Transpiration in a small tropical forest patch. *Agricultural And Forest Meteorology*, 117 (1-2), 1-2
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: http://www.ibge.gov.br/english/estatistica/populacao/tendencia_demografica/tabela01.shtml
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002: **PRODES**. São José dos Campos, SP. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>.
- Kapos, V., 1989: Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 5, Part-2, 173-185.
- Linhares, C.A., 2005: Influência do desflorestamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Rio Ji-paraná/RO. Tese de Doutorado INPE
- Laurance, W.F. e Bierregaard R.O. Jr., 1997 "Preface: A crisis in the making". In: **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities**, Laurance, W.F. e Bierregaard R.O. Jr. (eds). University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Laurance, W.F.; Laurance, S.G.; Ferreira, L.V.; Rankin-Emery, J.M.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E. 1997. Biomass Collapse In Amazonian Forest Fragments. *SCIENCE* 278 (5340), 1117-1118.
- McGarigal, K.; Marks, B. J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 122p.
- Turner, M.G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, v. 4, p. 21-30, 1990.
- Rodriguez, D.A.; Tomasella, J.; Linhares, C.A. Efeitos dos padrões espaciais do desflorestamento no comportamento hidrológico da bacia de Ji-Paraná/RO – Discussão de resultados preliminares, Anais da Conferência Científica Internacional, Manaus, 2008
- Saura, S., 2004: Effects of remote sensor spatial resolution and data aggregation on selected fragmentation indices. *Landscape Ecology*, 19, 197-209.
- Skole, D.; Tucker, C. 1993. Tropical Deforestation And Habitat Fragmentation In The Amazon - Satellite Data From 1978 To 1988 (Vol 260, Pg 1909, 1993). *Science* 261 (5125): 1104-1104.
- Zar, J.H. Significance test of the Spearman Rank Correlation. *Journal of the American Statistical Association*, vol 67, n 339, 1972
- Ziegler, A.D., Giambelluca, T.W., Tran, L.T., Vana, T.T., Nullet, M.A., Fox, J., Vien, T.D., Pinthong, J., Maxwell, J.F., Evett, S., 2004: Hydrological consequences of landscape fragmentation in mountainous northern Vietnam: Evidence of accelerated overland flow generation. *Journal of Hydrology*, 287, 124-146.