

O CONCEITO DE ECORREGIÃO E OS MÉTODOS UTILIZADOS PARA O SEU MAPEAMENTO

Arimatêa de Carvalho XIMENES¹

Silvana AMARAL²

Dalton Morrison VALERIANO³

RESUMO

As ecorregiões são usualmente definidas como áreas relativamente homogêneas que possuem condições ambientais similares. Embora exista consenso que as ecorregiões representam um mosaico de ecossistemas relativamente homogêneos quando comparadas com as regiões adjacentes, ainda não há um acordo conceitual e metodológico para reconhecer e identificar as ecorregiões. As abordagens aplicadas para o mapeamento das ecorregiões na escala regional geralmente não seguem uma metodologia padronizada. Os limites são estabelecidos com auxílio de especialistas que possuem o conhecimento acerca da extensão das áreas consideradas homogêneas. Com o avanço tecnológico e o desenvolvimento de algoritmos robustos de classificação, as técnicas de mapeamento de ecorregiões foram parcialmente automatizadas, o que ajudou a reduzir a subjetividade e parte da influência humana durante o processo inicial de mapeamento. Contudo, a escolha das variáveis de entrada e principalmente a avaliação dos resultados das ecorregiões continuam dependentes do julgamento dos especialistas. Este trabalho tem por objetivo revisar a literatura científica sobre o conceito de ecorregiões, apresentando e discutindo as diferentes metodologias utilizadas para o seu mapeamento.

Palavras-chave: mapeamento de ecorregiões, biogeografia, ecossistema e ecologia.

ECOREGIONS: CONCEPTS AND MAPPING METHODS

ABSTRAT

Identifying homogeneous areas, as in ecoregions mapping, is very useful to assess and monitor natural resources as forest, water, etc. Ecoregions can be generally defined as a mosaic of ecosystems relatively homogeneous comparing to adjacent areas. However, defining ecoregion limits is still a challenge, mostly because the absence of standard conceptual and methodological procedures. At regional scales, existent ecoregions mappings were produced without a standardized methodological procedure. Ecoregion limits were usually defined based on the researchers knowledge about the biodiversity distribution and environmental homogeneity. With the recent computational evolution and development of several classification algorithms, computational procedures can be used as an auxiliary approach to automatically or semi-automatically delimitate ecoregions boundaries. The inclusion of an automatic data processing during the ecoregion mapping process reduces the subjectivity and part of the human influence. However, the researchers knowledge remains indispensable when selecting the input variables and validating the ecoregions limits. This paper aims to review the ecoregion concept, presenting and discussing the methodological different approaches applied to the ecoregion mapping.

Key-words: ecoregions mapping, biogeography, ecosystem and ecology.

¹ Biólogo, MSc. Sensoriamento Remoto e Bolsista DTI 7D do CNPq. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Av. dos Astronautas, 1758, CEP: 12227-010, São José dos Campos - SP, Fone: +55(12) 3945-6991. e-mail: arimatea@dpi.inpe.br

² Ecóloga, Dra. Engenharia de Transportes - Pesquisadora titular do INPE - email: silvana@dpi.inpe.br

³ Biólogo, Dr. Geografia - Pesquisador titular do INPE - email: dalton@ltd.inpe.br

1. INTRODUÇÃO

As ecorregiões são usualmente definidas como áreas relativamente homogêneas que possuem condições ambientais similares (BAILEY, 2005; LOVELAND e MERCHANT, 2004; ZHOU et al., 2003; OMERNIK, 1995), e podem ser definidas em diferentes escalas (BAILEY, 1983). Dinnerstein (1995) acrescenta a definição de ecorregião como um conjunto de

comunidades naturais, geograficamente distintas, que compartilham a maioria das suas espécies, dinâmicas e processos ecológicos, além das condições ambientais similares, que são fatores críticos para a manutenção a longo prazo de sua viabilidade.

Para o mapeamento das ecorregiões são utilizadas variáveis bióticas e abióticas como clima, hidrologia, feições morfológicas da paisagem, vegetação e solo (OMERNIK, 1987). Os mapas de ecorregiões podem auxiliar no entendimento da similaridade através da complexidade dos fatores ambientais que variam no espaço (HARGROVE e HOFFMAN, 2005). Esses mapas são ferramentas que facilitam a compreensão e a organização do conhecimento geográfico (GOLLEDGE, 2002), facilitando a tomada de decisão e o gerenciamento dos recursos naturais (LOVELAND e MERCHANT, 2004).

Os conceitos de ecorregião e ecossistema se fundem no aspecto geográfico de regiões (LOVELAND e MERCHANT, 2004). Segundo Tansley (1935), o ecossistema representa as complexas inter-relações das propriedades bióticas e abióticas do ambiente, sendo a estrutura física do ecossistema formada por estas propriedades. As ecorregiões consistem na generalização da estrutura do ecossistema, baseada nas mudanças espaciais em repetir os padrões das propriedades bióticas e abióticas dos ecossistemas (BAILEY et al., 1985). De acordo com Bryce e Clarke (1996), a regionalização é uma forma de classificação espacial, onde os limites são desenhados no entorno das áreas que são relativamente homogêneas. A diferença entre uma simples regionalização e o processo de delimitação das regiões ecológicas ou ecorregiões é a inclusão da análise da estrutura dos ecossistemas. Assim, a maioria das definições utilizadas para o conceito de ecorregião refere-se ao agrupamento dos componentes básicos do ecossistema (McMAHON et al., 2004). Embora exista um consenso que as ecorregiões representam um mosaico de ecossistemas relativamente homogêneos quando comparadas com as regiões adjacentes, ainda não existe um acordo conceitual para reconhecer e identificar as ecorregiões (OMERNIK, 1995).

O objetivo desse trabalho é revisar a literatura científica sobre o conceito de ecorregiões e analisar as metodologias utilizadas para o seu mapeamento.

2. CONTEXTO BIOGEOGRÁFICO

A biogeografia é a ciência que estuda os organismos no espaço e tempo (COX e MOORE, 2001). Por diferenças em função da escala espaço-temporal, os biogeógrafos reconhecem duas

tradicionais linhas de pesquisa, geralmente independentes: a biogeografia ecológica e a biogeografia histórica (Figura 1). As duas sub-disciplinas compartilham o mesmo objetivo de entender a distribuição das espécies no espaço e tempo, no entanto, as abordagens epistemológicas utilizadas são diferentes em relação à escala espaço-temporal e quanto ao nível de organização ecológica (tipos funcionais versus *taxa*) (CRISCI et al., 2006).

A biogeografia ecológica baseia-se nas forçantes ambientais e nos tipos funcionais dos organismos. A abordagem primária da biogeografia ecológica está relacionada aos fatores abióticos que descrevem o ambiente como, por exemplo, as variáveis climáticas que resultam em padrões globais da vegetação. Paralelamente aos fatores abióticos, a existência do nicho espacial descreve os limites das condições ambientais que uma determinada espécie pode crescer e se desenvolver. O termo nicho proposto por Grinnel (1917) refere-se ao espaço ocupado por uma determinada espécie.

Figura 1.

Figura 1. Fluxograma conceitual que apresenta as abordagens da biogeografia histórica e biogeografia ecológica. Fonte: Crisci et al. (2006).

As espécies que apresentam sobreposição de seu nicho dentro do intervalo de condições ambientais similares ou compartilham funções ecológicas resultam nos tipos funcionais (CHAPIN, 1993). Em escala regional, não é factível desenvolver modelos de distribuição para diversas espécies utilizando o nicho ecológico de cada uma. Ao invés de definir o domínio ambiental em torno de uma única espécie, uma abordagem alternativa é o agrupamento multivariado de uma série de camadas espaciais no qual delimitam as regiões homogêneas (HOST et al., 1996). Portanto, é concebível reduzir a complexidade dos modelos utilizando apenas um número reduzido de tipos funcionais (CHAPIN, 1993). Assim, sobreposições geográficas dos fatores abióticos com os requerimentos dos tipos funcionais determinam as ecorregiões (BAILEY, 1998).

Ao mudar a escala de tempo, acrescentando-se as questões evolutivas das espécies tem-se a biogeografia histórica, que foca nos grupos taxonômicos e nos eventos da história da Terra (CRISCI et al., 2006). Nesta abordagem, a configuração histórica tem influência na distribuição

geográfica das espécies. Quando, por exemplo, ocorrem disjunções provocadas pela separação de continentes ou soerguimento de cordilheiras, as espécies são separadas, o que pode promover a especiação vicariante. Estes e outros eventos históricos determinam as áreas de endemismo (para detalhes sobre áreas de endemismo ver CRISCI et al., 2003), e a agregação dessas áreas reflete-se nas chamadas regiões biogeográficas.

Das duas abordagens da biogeografia conclui-se que as regiões biogeográficas (biogeografia histórica) e as ecorregiões (biogeografia ecológica) refletem os padrões de distribuição dos organismos. A integração destas duas abordagens seria o ideal, mas poucos estudos dão conta de estabelecer esta relação (CRISCI et al., 2006).

3. BREVE HISTÓRICO SOBRE AS ECORREGIÕES

O termo ecorregião foi proposto pela primeira vez em 1962 por Orie Loucks. Existem dois métodos de mapeamento das ecorregiões conhecidos como tradicional e computacional. O método tradicional insere os dados de entrada em um sistema de informação geográfica (SIG) e por meio de sobreposições de variáveis fornece a primeira repartição do espaço geográfico em escala global. Na escala regional, o método tradicional utiliza o conhecimento dos especialistas para delimitar as ecorregiões com o auxílio de diversas camadas de informações. Este método de delimitação manual das ecorregiões consome muito tempo e exige processos laboriosos e dependentes do conhecimento dos especialistas (ZHOU et al., 2003). Quando as ecorregiões são definidas a partir de múltiplas camadas de informações, o julgamento dos especialistas para a localização dos limites torna-se muito complexo, e conseqüentemente com resultados subjetivos (ZHOU et al., 2003). A impossibilidade de reprodução dos experimentos e a falta de clareza metodológica constituem as principais desvantagens do método tradicional (ZHOU et al., 2003; JEPSON e WHITTAKER, 2002; WRIGHT et al., 1998). Historicamente, a maioria das abordagens para o mapeamento das ecorregiões não segue uma metodologia padronizada na escala regional, onde os limites foram estabelecidos intuitivamente com auxílio de especialistas que detêm o conhecimento sobre áreas consideradas homogêneas (JEPSON e WHITTAKER, 2002).

O método computacional para a delimitação das ecorregiões é realizado a partir de classificações automáticas e os resultados são avaliados por especialistas que conhecem a região. O método computacional reduz a influência humana, porém não dispensa a edição manual das

ecorregiões quando a avaliação dos especialistas discorda do mapeamento resultante. Como exemplo, Zhou et al. (2003) identificaram as ecorregiões de Nebraska por métodos computacionais e tiveram que intervir manualmente para separar os corpos d'água e rios, agrupados às ilhas adjacentes na classificação automática.

Os próximos sub-tópicos abordam as duas metodologias de mapeamento das ecorregiões de forma mais aprofundada.

3.1. MÉTODOS TRADICIONAIS PARA O MAPEAMENTO DAS ECORREGIÕES

Bailey (1976, 1983) mapeou as ecorregiões dos Estados Unidos e do globo, com o objetivo geral de avaliar e gerenciar os recursos florestais. O sistema de Bailey (1983) para delimitar as ecorregiões foi fundamentado no controle dos processos e do funcionamento dos ecossistemas que atuam em diferentes escalas. Ele adotou o “método de controle dos fatores” (BAILEY, 1996), no qual a hierarquia espacial é construída pela sucessão de subdivisões em larga escala do ecossistema. Resumidamente, suas ecorregiões foram delineadas em 3 escalas ou níveis, denominadas como unidades ecológicas de Domínio, Divisão e Província. Na escala global, o clima foi considerado o principal fator controlador. Para tanto, foi utilizada uma simples sobreposição da temperatura global e dos padrões de umidade para delimitar quatro Domínios: tropical úmido, temperado úmido, polar e seco (BAILEY, 1983).

No segundo nível, os Domínios foram subdivididos baseados no sistema de classificação climático regional de Köppen (modificado por TREWARTHA, 1968) originando as “Divisões”. Neste nível, Bailey (1983) também distinguiu as ecorregiões entre zonais e azonais. O termo azonal descreve as ecorregiões que são encontradas em qualquer zona climática, onde os processos e feições geomorfológicas são particulares como, por exemplo, áreas alagadas ou ambientes de altitude (BAILEY, 1983). As Divisões foram repartidas em Províncias baseadas nas feições da vegetação potencial dominante, que refletem mais refinadamente o clima. Para a escala regional, os fatores edáficos e os ecossistemas modificados pela ação humana também foram considerados.

Omernik (1987) produziu mapas de ecorregiões adotando metodologia semelhante à de Bailey. As ecorregiões de Omernik tinham como objetivo principal avaliar e regular a qualidade da água superficial.

Olson et al. (2001) com o apoio do World Wildlife Fund (WWF) produziram as ecorregiões terrestres para todo o globo, com objetivos mais amplos do que os propostos por Bailey e Omernik (JEPSON e WHITTAKER, 2002). As ecorregiões mapeadas pelo WWF têm como objetivo criar unidades biogeográficas na escala regional que atinjam as quatro principais metas de planejamento da conservação da biodiversidade, definidas por Noss e Cooperrider (1994) que são: 1) representar todas as comunidades naturalmente distintas dentro da rede de áreas protegida; 2) manter os processos ecológicos e evolucionários; 3) manter as populações das espécies; e 4) conservar grandes áreas de habitat natural.

O mapeamento das ecorregiões do WWF foi estruturado e delineado utilizando a “hierarquia dos tipos de habitat” (DINERSTEIN et al., 1995). Para escala global foi aplicada a sobreposição dos 14 biomas terrestres em relação às 8 regiões biogeográficas (OLSON et al., 2001). Na escala regional a abordagem de *gestalt* foi empregada, ou seja, os limites regionais das áreas consideradas homogêneas foram desenhados intuitivamente com auxílio de especialistas (JEPSON e WHITTAKER, 2002). Para o Brasil, foram utilizados os mapas do RADAM, publicados pelo IBGE na escala de 1:5.000.000, e os grandes rios como barreiras (OLSON et al., 2001). Outras variáveis, pouco evidentes nos mapas também foram utilizadas, como os efeitos de distância geográfica, a precipitação e os regimes de inundação. Este esforço não utilizou metodologia padronizada e não há documentação sobre o método de classificação utilizado para delimitar as ecorregiões (JEPSON e WHITTAKER, 2002). De acordo com Zhou et al. (2003), quando no julgamento dos especialistas utilizam-se múltiplas camadas de informações para definir as ecorregiões, os resultados tornam-se subjetivos, o que dificulta a documentação das decisões e inviabiliza a reprodução do procedimento. Por conta disso, os resultados freqüentemente não são replicáveis (HOST et al., 1996).

3.2. MÉTODOS COMPUTACIONAIS PARA O MAPEAMENTO DAS ECORREGIÕES

A popularização dos SIG para gerenciar, analisar e visualizar as múltiplas camadas de dados espaciais tem facilitado o monitoramento e o gerenciamento dos recursos naturais. A partir do final dos anos 90, alguns autores têm explorado o potencial dos métodos computacionais robustos que agrupam as regiões homogêneas a partir de múltiplas camadas de informações para mapear as ecorregiões (COOPS et al., 2009; XIMENES, 2008; ZHOU et al., 2003; HARGROVE e HOFFMAN, 1999; HOST et al., 1996). Os métodos computacionais promovem rapidez,

precisão e permitem manipular informações com alta resolução espacial, além de facilitar as análises estatísticas dos dados (LOVELAND e MERCHANT, 2004; ZHOU et al., 2003). Procedimentos quantitativos e automáticos reduzem a incerteza quando comparado com o método tradicional de mapear as ecorregiões, além de reduzir a influência do julgamento humano (ZHOU et al., 2003). Os métodos computacionais para o mapeamento das ecorregiões utilizam técnicas de classificação multivariada a partir de parâmetros ambientais.

Host et al. (1996) agruparam a tendência sazonal climática utilizando a técnica de análise de principais componentes (PCA) acoplado ao algoritmo de agrupamento Isodata. Para gerar as ecorregiões ao norte de Wisconsin nos Estados Unidos, mapas geológicos do pleistoceno e fatores edáficos foram integrados aos dados climáticos (HOST et al., 1996). Hargrove e Hoffman (1999) utilizaram nove variáveis referentes à geomorfologia e clima, e a partir do método de análise de cluster geográfico multivariado definiram ecorregiões para os Estados Unidos. Zhou et al. (2003) mapearam as ecorregiões de Nebraska utilizando o método de crescimento de região baseado em dados multi-temporais de Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), variáveis climáticas e fatores edáficos. Leathwick et al. (2003) criaram domínios ambientais com resolução de 1 km para a Nova Zelândia utilizando dois estágios de classificação multivariada baseada em 10 variáveis climáticas e geomorfológicas. A métrica de Gower foi utilizada como medida de similaridade estatística (LEATHWICK et al., 2003).

No interflúvio Madeira-Purus na Amazônia Legal, Ximenes (2008) utilizou a técnica de rede neural do tipo Mapa Auto-Organizável (SOM - Self-Organization Maps) para o mapeamento das ecorregiões em escala regional. As ecorregiões do interflúvio foram mapeadas a partir de cinco variáveis referentes à altitude, declividade, densidade de drenagem, distância geográfica (latitude) e vegetação. Por meio da análise discriminante realizada para avaliar o grau de mistura entre as ecorregiões propostas para o interflúvio, foi possível quantificar o grau de concordância e fornecer um indício da similaridade entre as ecorregiões.

Para mapear as ecorregiões do Canadá, Coops et al. (2009) utilizaram dois estágios de classificação multivariada aplicando o algoritmo BIRCH (Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies) (ZHANG et al., 1996). Para a regionalização foram utilizadas três conjuntos de indicadores derivados de tecnologias de sensoriamento remoto (COOPS et al., 2009).

4. ECORREGIÕES EM ÁREAS DESMATADAS

Na literatura, não há consenso quanto ao mapeamento das ecorregiões em áreas afetadas pelo desmatamento ou ocupação humana (LOVELAND e MARCHENT, 2004). Tipicamente, os ecólogos enfatizam a interconexão entre sistemas naturais e tentam isolar a influência antrópica no estudo das ecorregiões (PARUELO et al., 2001). No entanto, alguns autores consideram áreas de agro-ecossistema como ecorregião, considerando que os impactos ultrapassam os limites das áreas afetadas, e dessa forma, os impactos atingem as regiões adjacentes (MATSON et al., 1997). Segundo Loveland e Marchent (2004), esta consideração é reflexo de regiões que foram extensivamente modificadas durante séculos, como no caso da Europa e parte da Ásia. No mapeamento das ecorregiões do interflúvio Madeira-Purus, Ximenes (2008) utilizou o mapeamento do desmatamento oficial da Amazônia do projeto PRODES (INPE, 2006) para eliminar as áreas desmatadas da análise. Considerou-se que na Amazônia ainda é possível encontrar regiões isoladas e distantes da influência humana, ou pelo menos, regiões que não sofreram grandes impactos ao longo do tempo.

5. APLICAÇÕES DOS MAPAS DE ECORREGIÕES

Muitas instituições federais e organizações privadas, principalmente nos países desenvolvidos, utilizam o sistema de classificação da paisagem baseados no conceito de ecorregião (LOVELAND e MERCHANT, 2004; OLSON et al., 2001). Há mapas de ecorregiões para toda superfície da Terra, elaborados com propósitos e objetivos diferentes (BAILEY, 2005). Na década de 90 adotou-se para a Amazônia a metodologia do planejamento sistemático de conservação baseada na Análise de Lacunas (FEARNSIDE e FERRAZ, 1995; NELSON e OLIVEIRA, 2004). A metodologia do planejamento sistemático de conservação visa aumentar a representatividade do sistema de áreas protegidas e define como meta o acréscimo mínimo de área protegida, reduzindo os custos (PRESSEY e NICHOLLS, 1989). As ecorregiões são úteis como unidades biogeográficas na elaboração do planejamento sistemático de conservação baseado na metodologia de Análise de Lacunas. Ferreira (2001) utilizou como unidade

biogeográfica as ecorregiões do WWF (OLSON et al., 2001) e sobrepôs os mapas de solo e vegetação da Amazônia, para examinar a representatividade das unidades de paisagem resultantes no sistema de Unidades de Conservação existente.

O Programa de Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA) financiado pelo Ministério do Meio Ambiente e WWF-Brasil, com apoio do Banco Mundial e do Fundo Global para o Meio Ambiente (Global Environment Fund - GEF) tem como principal objetivo aumentar a área da floresta tropical Amazônica sob proteção federal para 500.000 km². Sua função também consiste em apoiar o desenvolvimento de planos de manejo e medidas de proteção para algumas unidades de conservação existentes. Na primeira etapa do projeto ARPA de 2006, Nelson et al. (2006) realizaram a sobreposição das 34 classes de vegetação do RADAM com as 23 ecorregiões amazônicas e geraram 248 objetos de conservação. Os autores utilizaram as ecorregiões do WWF como indicador da variabilidade espacial na composição de grupos da fauna.

As ecorregiões podem ser úteis na escolha dos locais de inventários e no planejamento de rotas para sobrevoar um número maior de ecorregiões e assim aumentar a heterogeneidade da amostragem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica apresentada neste artigo discute as diferentes metodologias e as limitações do mapeamento das ecorregiões. A validação dos mapas de ecorregiões deveria basear-se nos pontos de inventários de diversos grupos taxonômicos. Deve-se, contudo ponderar como apontado por Nelson et al. (1990), que as amostragens de campo na Amazônia não são aleatórias no espaço, mas refletem uma tendência de agrupamento, uma vez que pela facilidade de acesso, localizam-se próximas às cidades, rios e estradas. Dessa forma, o esforço de coleta concentrado pode prejudicar as análises estatísticas que serviriam para validar as ecorregiões. Hargrove e Hoffman (2005) justificam que não há critério estatístico que permita avaliar se as regiões estão certas ou erradas, mas defendem que as ecorregiões devem ser criadas de modo que cada ecorregião apresente condições ambientais similares.

Devido à falta de dados sistematizados e consistentes sobre a distribuição das espécies é viável propor a utilização das ecorregiões que descrevem de forma generalizada o padrão de distribuição das espécies como dado complementar. Com o avanço tecnológico, e o desenvolvimento de algoritmos robustos de classificação as técnicas computacionais de

mapeamento de ecorregiões reduzem a influência humana durante o processo inicial. Contudo, a seleção de variáveis de entrada e, principalmente, a avaliação dos limites das ecorregiões resultantes continuam dependentes do julgamento dos especialistas.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Rede GEOMA e ao CNPq pelo apoio financeiro e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo suporte técnico e a infra-estrutura.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, R. G. **Ecoregions of the United States** (map). Intermountain Region, Ogden, Utah: US Department of Agriculture, Forest Service, Scale 1:7,500,000. 1976.

BAILEY, R. G. Delineation of ecosystem regions. **Environmental management**, v. 7, n. 4, p. 365-373, 1983.

BAILEY, R. G.; ZOLTAI, S. C.; WIKEN, E. B. Ecological regionalization in Canada and the United States. **Geoforum**, v.16, p. 265-275, 1985.

BAILEY, R. G. **Ecosystem geography**. Springer-Verlag, Nova York. 1996, 204 p.

BAILEY, R. G. **Ecoregions: the ecosystem geography of the oceans and continents**. Springer-Verlag, New York, 1998, 176 p.

BAILEY, R. G. Identifying ecoregions boundaries. **Environmental management**, v. 34, supl. 1, p. S14-S26, 2005.

BRYCE, S. A.; CLARKE, S. E. Landscape-level ecological regions: linking state-level ecoregions frameworks with stream habitat classifications. **Environmental management**, v. 20, n. 3, p. 297-311, 1996.

BROW, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2ed. São Paulo: FUNPEC. 2006. p. 691.

CHAPIN, F. S. Functional role of growth forms in ecosystem and global processes. In: **Functional role of growth forms in scaling physiological processes: leaf to globe**. Eds JR Ehleringer, CB Field, Academic Press: San Diego, pp. 287-312. 1993.

COOPS, N. C.; WULDER, M. A.; IWANICKA, D. An environmental domain classification of Canada using earth observation data for biodiversity assessment. **Ecological Informatics**, v. 4, p. 8-22, 2009.

COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeography: an ecological and evolutionary approach**. 6ed. Oxford, UK, 2001, 298 p.

CRISCI, J. V.; SALA, O. E.; KATINAS, L.; POUSADAS, P. Bridging historical and ecological approaches in biogeography. **Australian Systematic Botany**, v. 19, p. 1-10, 2006.

CRISCI, J. V.; KATINAS, L.; POUSADAS, P. **Historical biogeography**: an introduction. Boston: Harvard University Press. 2003. 264 p.

DINNERSTEIN, E., OLSON, D.M., GRAHAM, D.J., WEBSTER, A.L., PRIMM, S.A., BOOK BINDER, M.P. **Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean**. Washington: World Bank. 1995, 237 p.

FERREIRA, L. V. **A distribuição das unidades de conservação no Brasil e a identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade nas ecorregiões do bioma Amazônico**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, área de concentração em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, 2001, 206 p.

FEARNSIDE, P. M.; FERRAZ, J. A conservation gap analysis of Brazil's Amazonian vegetation. **Conservation Biology**, v. 9, p. 1134-1147, 1995.

GRINNELL, J. Field tests of theories concerning distributional control. **American Naturalist**, v.51, p. 115-128, 1917.

HOST, G. E.; POLZER, P. L.; MLADENOFF, D. J.; WHITE, M. A.; CROW, T. R. A quantitative approach to developing regional ecosystem classifications. **Ecological Applications**, v. 6, n. 2, p. 608-618, 1996.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Coordenação-Geral de Observação da Terra (INPE/OBT). **Projeto PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. São José dos Campos, 2006. Disponível em: <www.obt.inpe.br/prodes>. Acesso em maio. 2006.

JEPSON, P.; WHITTAKER, R. J. Ecoregions in context: a critique with special reference to Indonesia. **Conservation Biology**, v. 16, n. 1, 2002.

LEATHWICK, J. R.; OVERTON, McC. J.; McLEOD, M. An environmental domain classification of New Zealand and its use as a tool for biodiversity management. **Conservation Biology**, v. 17, p. 1612–1623, 2003.

LOVELAND, T. R.; MERCHANT, J. W.; OHLEN, D. O.; BROWN, J. F. Development of a land-cover characteristics database for the conterminous U.S. **Photogramm. Eng. & Remote Sensing**, v. 57, p. 1435-1463, 1991.

LOVELAND, T. R.; MERCHANT, J. W. Ecoregions and ecoregionalization: geographical and ecological perspectives. **Environmental management**, v. 34, supp. 1, p. S1-S13, 2004.

MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G.; Swift, M. J. Agricultural intensification and ecosystem properties. **Science**, v. 277, p. 504-509, 1997.

McMAHON, G.; GREGONIS, S. M.; WALTMAN, S. W.; OMERNIK, J. M.; THORSON, T. D.; FREEOUF, J. A.; RORICK, A. H.; KEYS, J. E. Developing a spatial framework of common ecological regions for the conterminous United States. **Environmental Management**, v. 28, p. 293–316, 2001.

NELSON, B.; ALBERNAZ, A.; SOARES-FILHO, B. **Estratégias de Conservação para o Programa ARPA**. Relatório técnico, 2006. 69 p.

NELSON, B. W.; FERREIRA, C. A. C.; SILVA, M. F.; KAWASAKI, M. L. Endemism centres, refugia and botanical collection density in Brazilian Amazonia. **Nature**, v. 345, p. 714 – 716, 1990.

NELSON, B. W.; OLIVEIRA, A. A. D. Quantitative floristic inventory and conservation status of vegetation types in the Brazilian Amazon. In: A. Veríssimo, A. Moreira, et al (Ed.). **Biodiversity in the Brazilian Amazon**. São Paulo: Instituto Sócioambiental, 2004, p. 131-174.

NOSS, R. F.; COOPERRIDER, A. Y. **Saving nature's legacy**: protecting and restoring biodiversity. Washington: Island Press, 1994. 443 p.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. O.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITOUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMOUREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. **BioScience**, v. 51, p. 933-938, 2001.

OMERNIK, J. M. Ecoregions: a spatial framework for environmental management. In: Davis, W., Simon, T. P. eds. **Biological assessment and criteria**: Tools for water resource planning and decision making, Lewis Publishing, Boca Raton, Florida, 1995.

OMERNIK, J. M. Ecoregions of the Conterminous United States. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 77, n. 1, p. 118-125, 1987.

PARUELO, J. M.; JOBBAGY, E. G.; OSVALDO, E. S. Current distribution of ecosystem functional types in temperate South America. **Ecosystems**, v. 4, p. 683– 698, 2001.

PERES, C. A. Why we need megareserves in Amazonia. **Conservation Biology**, n. 19, v. 3, p. 728-733, 2005.

PRESSEY, R. L.; NICHOLLS, A. O. Application of a numerical algorithm to the selection of reserves in semi-arid New South Wales. **Biological Conservation**, v. 50(1-4) p. 263-278, 1989.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, v. 16, p. 284 –307, 1935.

TREWARTHA, G. T. **An introduction to climate**. 4 ed. McGraw-Hill, Nova York. 1968. 402 p.

WORLD WILDLIFE NATURE (WWF) Conservation Science: ecoregions. Disponível em: <<http://www.worldwildlife.org/science/ecoregions.cfm>> Acesso em: 14 de janeiro 2007.

WRIGHT, R. G.; MURRY, M. P.; MERRIL, T. Ecoregions as a level of ecological analysis. **Biological Conservation**, v. 86, p. 207-213, 1998.

XIMENES, A. C. **Mapas auto-organizáveis para a identificação de ecorregiões no interflúvio Madeira-Purus**: uma abordagem da biogeografia ecológica. 2008. 155 p. (INPE-15332 TDI/1372) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/08.18.14.02>>. Acesso em: 20 out. 2008.

ZHANG, T.; RAMAKRISHNON, R.; LIVNY, M. Birch: An efficient data clustering method for very large databases. **Proceedings of the ACM SIGMOD Conference on Management of Data**. ACM Press, Montreal, Canada, 1996, pp. 103–114.

ZHOU, Y.; NARUMALANI, S.; WALTMAN, W. J.; WALTMAN, S. W.; PALECKI, M. A. A GIS-based spatial pattern analysis model for ecoregion mapping and characterization. **International Journal of Geographic Information Science**, v. 17, p. 445–462, 2003.