

CONSTRUÇÃO DE UM ÍNDICE DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE PARA OS MUNICÍPIOS DA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, RN

Construction of an environment status index for the municipalities of the river Apodi-Mossoró watershed, state of Rio Grande do Norte

Rodrigo Guimarães de Carvalho¹
Fátima Maria Soares Kelting²

¹**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte**
Departamento de Gestão Ambiental
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN
Rua Almino Afonso, 478 Centro, Mossoró, RN, CEP: 59.610-210
Dep. de Gestão Ambiental
rodrigo.ufc@gmail.com

²**Universidade Federal do Ceará**
Departamento de Geografia
Av. da Universidade, 2853 - Benfica - Fortaleza - CE
CEP 60020-181 – Dep. de Geografia
doninha@ufc.br

RESUMO

O presente artigo trata da construção de um índice de estado do meio ambiente para os 51 municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAM), Estado do Rio Grande do Norte. A estruturação do índice parte da análise conjunta de dois tipos de informações: a capacidade de suporte dos sistemas ambientais e o desmatamento até o ano de 2008, segundo dados do monitoramento do bioma caatinga (MMA, 2010). O índice possui duas classes qualitativas (Insustentabilidade/Sustentabilidade) e quatro níveis de intensidade para cada classe. A aplicação do índice permitiu uma visão ampla das condições ambientais nos municípios. O estudo aponta que 12 municípios estão na classe de Insustentabilidade, sendo necessária a adoção de medidas emergenciais de controle do desmatamento por parte do poder público.

Palavras chave: Sistemas Ambientais. Desmatamento. Sistema de Informações Geográficas.

ABSTRACT

This article discusses the construction of an environment status index for the 51 municipalities belonging to the *Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró* (BHRAM), State of Rio Grande do Norte. The index structuring is based on the joint analysis of two types of information: the support capacity of environmental systems and the deforestation until the year 2008, according to monitoring data of the biome *caatinga* (MMA, 2010). The index has two qualitative classes (Unsustainability/Sustainability) and four intensity levels for each class. The application of the index enabled a broad overview of the environmental conditions of the municipalities. The study points out that 12 municipalities are within the Unsustainability class, and it is necessary that the public power adopts emergency measures to control the deforestation.

Keywords: Environmental systems. Deforestation. Geographical Informations System.

1 INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil existem inúmeras bacias hidrográficas vinculadas a

uma situação climática preponderantemente semiárida e submetidas a processos de uso e ocupação que, historicamente, tem conduzido a processos de degradação ambiental. Entre

esses processos destaca-se a exaustão dos solos, a supressão desmedida da vegetação, destruição das matas ciliares e diversos tipos de contaminação e poluição dos solos, das águas e do ar. Todos esses processos, de forma conjunta e sinérgica, têm promovido uma perda crescente da biodiversidade e da capacidade produtiva dos sistemas ambientais dessa região.

Para controlar esse processo de degradação ambiental crescente, faz-se necessário, inicialmente, a geração de informações ambientais concisas que subsidiem ações administrativas, e, em sentido mais amplo, o planejamento e a gestão ambiental de bacias hidrográficas. Essas informações podem referenciar diversos aspectos do meio como as condições dos solos, aspectos referentes à qualidade e distribuição da água, aspectos da vegetação, interações sistêmicas nas unidades geoambientais e aspectos da relação social e econômica com os sistemas naturais.

O presente artigo esboça a construção de um Índice de Estado do Meio Ambiente (IEMA) para os municípios da região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAM), localizada no Estado do Rio Grande do Norte, considerando a análise conjunta de dois tipos de variáveis: a capacidade de suporte dos sistemas ambientais e o percentual de desmatamento nos municípios.

Tayra e Ribeiro (2006) mencionam que na atualidade existem muitas iniciativas para a construção de indicadores de sustentabilidade voltados para os municípios. Nas bacias hidrográficas, se torna importante a criação de sistemas de informações ambientais que, atrelados a indicadores e índices municipais, possam favorecer o processo de planejamento e gestão ambiental.

Braga et al. (2004) desenvolveram pesquisa voltada a construção de índices de sustentabilidade local e aplicação na região da bacia hidrográfica do rio Piracicaba, São Paulo e verificaram ser uma ferramenta útil na avaliação ambiental e comparação entre os municípios.

Destaca-se que a BHRAM é a segunda maior bacia hidrográfica do estado do Rio Grande do Norte, apresentando uma grande importância econômica liderada pelas atividades de extração do petróleo, produção de sal marinho, utilização dos solos para agricultura e fruticultura irrigada, pecuária extensiva e mineração de calcário.

Sendo assim, o objetivo geral deste estudo foi elaborar um Índice de Estado do Meio Ambiente para os municípios da BHRAM, como forma de contribuir para a gestão e o monitoramento da qualidade ambiental.

Os objetivos específicos foram:

- compartimentar os sistemas ambientais da BHRAM, avaliando a ecodinâmica e a capacidade de suporte dos mesmos;
- analisar os dados sobre o desmatamento dos municípios da BHRAM até o ano de 2008 segundo publicação do MMA (2010);
- construir um sistema de informações geográficas para a manipulação dos dados;
- elaborar uma proposta metodológica de estruturação do IEMA e aplicar aos municípios da BHRAM.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais na elaboração da presente pesquisa:

- Computador de mesa: PC, *Pentium IV*, 2.000 MH, HD de 80 GB e 2 GB de Memória RAM;
- *Software* de entrada e manipulação de dados: *Arcview GIS 3.2*;
- Verificação de imagens de satélite: *Google Earth Pro*;
- Impressora Modelo HP *Deskjet F4280*;
- Máquina fotográfica digital: *SONY DSC*, Resolução 8 Mega *Pixels*;
- Imagem de satélite: *LANDSAT 7 ETM⁺*, ano de 2005;
- Arquivos cartográficos digitais:
 - ✓ Tipologia do relevo, Declividade e Hipsometria (SEMARH – RN);
 - ✓ Geologia e derivados (CPRM);
 - ✓ Tipologia dos solos (EMBRAPA);
 - ✓ Rede Hidrográfica (SEMARH – RN);

- ✓ Poligonais dos municípios e mesoregiões (IBGE);
- ✓ Desmatamento (MMA, 2010).

2.1 Aspectos teórico-metodológicos

A base metodológica desta pesquisa se constitui na análise ambiental sistêmica, baseado na obra de autores como Sochava (1976), Bertrand (1969), Tricart (1977), Christofolletti (1979; 1999), Rodriguez e Silva (2002), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), Rodriguez e Silva (2007), Rodriguez et al. (2010), Bertrand e Bertrand (2007).

Para a análise da capacidade de suporte dos municípios da BHRAM, foram fundamentais as noções de geossistema e de ecodinâmica. Sochava (1976) criou a noção de geossistema como uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados. O elemento básico para a classificação e integração funcional é o espaço. Na concepção geossistêmica da análise ambiental percebe-se a vinculação em um mesmo nível de importância, de todos os componentes ambientais na evolução do sistema, sendo inclusive possível, a inserção da variável antrópica uma vez que essa demonstre competência e significância nas interações com o ambiente.

Como expressa Christofolletti (1999, p. 44), sobre a perspectiva holística de análise dos sistemas ambientais físicos, “não se pode excluir o conhecimento provindo dos estudos sobre os sistemas socioeconômicos”. Porém, é preciso destacar que, como mencionam Bertrand e Bertrand (2007), a existência de um componente antrópico não significa que esse seja subordinado ao geossistema, pois as relações internas nos geossistemas são submetidas às leis naturais, enquanto que a ação antrópica está submetida às leis socioeconômicas. Sendo assim a ação antrópica se posiciona como uma relação externa e dialética ao geossistema.

Já a ecodinâmica busca estudar a organização do espaço para determinar como uma ação humana se insere na dinâmica natural com a finalidade de corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a

exploração sustentável dos recursos naturais que o meio oferece. Tricart (1977) desenvolveu uma tipologia de meios morfodinâmicos em função da intensidade dos processos atuais, quais sejam: meios estáveis, meios intergrades (transição) e meios fortemente instáveis (Quadro 1).

Ainda segundo o autor retromencionado, existe uma antinomia entre a morfodinâmica e o desenvolvimento da vida, sendo que um dos objetivos da administração e ordenamento do meio ambiente deve ser diminuir a instabilidade morfodinâmica.

Quadro 1: Esboço descritivo dos meios ecodinâmicos segundo Tricart.

CLASSIFICAÇÃO ECODINÂMICA DOS SISTEMAS AMBIENTAIS		
MEIOS ESTÁVEIS	MEIOS DE TRANSIÇÃO	MEIOS FORTEMENTE INSTÁVEIS
Atividade morfogênética fraca ou nula. Equilíbrio entre os componentes bióticos e abióticos. Cobertura vegetal suficientemente fechada para opor um freio ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese. Predominância da pedogênese frente à morfogênese. Dissecção moderada do relevo, sem incisão violenta dos cursos d'água e vertentes de lenta evolução.	Transição entre os meios estáveis e fortemente instáveis, podendo tender tanto a um quanto a outro. Interferência permanente da pedogênese e morfogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço.	Morfogênese muito ativa, comandando a evolução do ambiente. Cobertura vegetal ausente ou muito aberta, permitindo a conformação de processos mecânicos de desgaste de rochas e transporte de sedimentos. Relevos fortemente dissecados, podendo estar ou não associados a solos rasos. Condições bioclimáticas agressivas.

Fonte: Tricart (1977).

No que diz respeito à perspectiva de mensuração dos fluxos de energia e matéria, Tricart (1977) considera que não poderia elaborar um sistema de gráficos das várias interações existentes, considerando muitas medições “difícilimas” de fazer em função da complexidade inerente ao conjunto de variáveis que estão constantemente reagindo umas sobre as outras. Contudo, destaca que o conceito de sistema permite aplicar avaliações já com dados qualitativos.

A capacidade de suporte dos sistemas ambientais é diretamente proporcional a sua capacidade de resistência e resiliência frente às intervenções de origem antrópica. Essas intervenções podem possuir diferentes intensidades, abrangência territorial e caráter

físico, químico ou biológico. Nesse nível de análise, considera-se o sistema ambiental como um todo integrado, o qual mantém relações de funcionalidade entre seus elementos. Uma vez que algumas dessas relações são alteradas, as propriedades sistêmicas entram em desordem temporária até o alcance de um novo ponto de equilíbrio. Na natureza, esse processo é contínuo, porém cabe ressaltar que a ascensão da sociedade e de seus sistemas produtivos tem acelerado processos de mudança na fisionomia das paisagens, sendo muitas vezes difícil estabelecer um prognóstico conciso.

Um dos problemas mais eminentes, que testam a capacidade de suporte dos sistemas ambientais, é o desmatamento, visto que a retirada da cobertura vegetal é uma das primeiras ações a serem realizadas quando se vai utilizar uma área para fins de ocupação por atividades agrícolas, pecuárias ou urbanas. Isso repercute imediatamente na diminuição da biodiversidade (MENDES, 1997). A retirada da cobertura vegetal responde por grande parte dos desequilíbrios ambientais em uma bacia hidrográfica, uma vez que, a vegetação é parte de uma teia de vida em que existem relações íntimas e essenciais entre as plantas e a terra, entre as plantas e as outras plantas e entre as plantas e os animais (CARSON, 2010).

2.2 Procedimentos operacionais

Com a análise das cartas temáticas, nas quais estão evidenciados os elementos geoambientais componentes do meio ambiente (geologia, geomorfologia, clima, recursos hídricos, solos e vegetação), assim como da imagem de satélite *LANDSAT ETM⁺* (2005), foram vetorizados em ambiente computacional, com o uso do *software Arcview 3.2*, os sistemas ambientais representativos da bacia do rio Apodi-Mossoró para a escala de mapeamento adotada nesse estudo (1: 250.000). As técnicas utilizadas para o reconhecimento e interpretação do material geocartográfico, foram a interpretação visual, análise automatizada e *overlay*.

A compartimentação dos sistemas ambientais baseou-se no paradigma sistêmico

dando ênfase à percepção de conjunto e as interações dos diversos componentes ambientais. Considerou-se a geomorfologia como atributo principal na delimitação dos sistemas ambientais, uma vez que o relevo sintetiza a organização ambiental da BHRAM.

A definição da capacidade de suporte foi construída a partir da análise das condições ambientais referentes às unidades sistêmicas da BHRAM. Buscou-se inicialmente, por meio de análise de imagem de satélite *LANDSAT 7 TM⁺* de 2005 e de trabalhos de campo, verificar uma correlação entre os sistemas ambientais e as categorias empregadas por Tricart (1977) para avaliação do grau de estabilidade empregando-se os princípios da ecodinâmica.

Dessa forma, os sistemas ambientais da BHRAM foram classificados como ambientes estáveis, de transição e fortemente instáveis em função da relação morfogênese/pedogênese. Convencionou-se neste estudo que os meios fortemente instáveis são detentores de uma capacidade de suporte baixa ao uso e ocupação antrópicos. Isso se deve ao fato de que esse tipo de ambiente apresenta uma dinâmica ambiental muito intensa e muito sensível ao desmatamento. Os meios de transição são detentores de uma capacidade de suporte moderada à baixa dependendo fundamentalmente das condições limitativas do relevo. Já os meios estáveis são detentores de capacidade de suporte alta, na qual a exploração antrópica pode desenvolver certo nível de exploração direta do meio, em consonância com a manutenção da base de sustentação dos recursos naturais.

Para traçar um paralelo entre os dados da capacidade de suporte dos sistemas ambientais e os percentuais de desmatamento por município, foram seguidas as seguintes etapas operacionais:

- I. Foram calculados os valores das áreas com capacidade de suporte baixa por município, utilizando a extensão *Spatial Analyst 1.1* do *software Arcview 3.2*. Esses valores foram transformados em percentuais utilizando o *software Microsoft Excel 2007*. Posteriormente foram novamente inseridos em planilha do *Arcview*.

- II. Os percentuais de desmatamento por município foram calculados a partir dos dados disponíveis sobre o monitoramento do bioma caatinga do MMA (2010).
- III. A análise dos dados foi finalizada com a geração de um mapa integrado constando os dados de desmatamento e capacidade de suporte por município conforme o Quadro 2.

O mapa possibilitou uma melhor interpretação espacial do cenário geral da bacia quanto à situação do desmatamento nos municípios localizados em sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte. A relação entre o percentual de áreas com capacidade de suporte baixa e o percentual de desmatamento por municípios da BHRAM gerou o Índice de Estado do Meio Ambiente (IEMA) definido em quatro níveis de sustentabilidade e quatro níveis de insustentabilidade. O percentual de desmatamento define se o padrão de ocupação e uso dos recursos é sustentável ou insustentável e o percentual de áreas com capacidade de suporte baixa define a intensidade de 1 a 4 como esboçado no Quadro 2. Desse modo, o pior cenário é a insustentabilidade de nível 4 e o melhor cenário é a sustentabilidade de nível 4.

Para a organização geral e manipulação dos dados e índices produzidos, utilizou-se um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Fitz (2008) define SIG como:

[...] um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ, 2008, p. 23).

Com o uso desta ferramenta a análise espacializada das informações representa um *link* a mais para a compreensão das inter-relações entre a fragilidade dos ambientes municipais e o desmatamento. Os SIGs permitem análises espaciais complexas por meio da rápida formação e alteração de cenários que possibilitem aos planejadores em geral, subsídios para a tomada de decisões (CARVALHO; PINA; SANTOS, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os domínios de paisagem que subscrevem os sistemas ambientais físicos na bacia do rio Apodi-Mossoró podem ser visualizados na Figura 1. Cabe ressaltar o caráter genérico dessa delimitação em função da escala de mapeamento adotada (1: 250.000). As feições geomorfológicas de menor dimensão territorial foram incorporadas aos sistemas geomorfológicos ao qual estavam inscritas. Foi o caso dos platôs que foram acoplados aos maciços residuais e dos inselbergs e pães de açúcar que foram incorporados a depressão sertaneja. Essas mudanças têm como objetivo ajustar os sistemas ambientais à escala pretendida de análise e planejamento.

Os sistemas ambientais da BHRAM têm na chapada do Apodi e na depressão sertaneja as maiores áreas territoriais. Juntas, essas unidades representam 67% da área total. A depressão periférica (9%), os maciços residuais (9%) e o tabuleiro costeiro (10%) representam juntos 28% da área. Já a planície litorânea, a planície fluvial e a planície flúvio-marinha, respectivamente com 0,2%, 3% e 1,8%, são as unidades de menor dimensão territorial (Tabela 1).

Tabela 1: Valores absolutos aproximados e percentuais das áreas territoriais dos sistemas ambientais.

Sistema Ambiental	Área Km ²	%
Planície Litorânea	69	0,2
Planície Flúvio-Marinha	262	1,8
Planície Fluvial	455	3
Tabuleiro Costeiro	1484	10
Chapada do Apodi	4447	29
Depressão Periférica	1349	9
Depressão Sertaneja	5911	38
Maciços Residuais	1476	9
Total	15.453	100%

Fonte: Carvalho (2011).

As condições geológica/geomorfológicas, climato/hidrológicas e fito/pedológicas são sumarizadas como forma de subsidiar a compreensão sobre os elementos de análise para a definição da ecodinâmica dos sistemas

Quadro 2: Caracterização da metodologia adotada para gerar o IEMA para os municípios da BHRAM.

ÁREAS COM CAPACIDADE DE SUPORTE BAIXA (% por município)	ÁREAS DESMATADAS (% por município)	NÍVEIS DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE	ASPECTOS GERAIS DE CADA NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE
>75%	51% - 100%	Insustentabilidade nível 4 ↑	O município apresenta um percentual acima de 75% de sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte em conjunção a percentual de desmatamento variando de 51 a 100%. Pior cenário em termos de degradação ambiental. O município é detentor de sérios riscos ambientais.
	0% - 50%	Sustentabilidade nível 1 ↓	O município apresenta um percentual acima de 75% de sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte em conjunção a percentual de desmatamento variando de 0 a 50%. O desmatamento deve ser mantido com percentuais baixos.
51% - 75%	51% - 100%	Insustentabilidade nível 3 ↑	O município apresenta um percentual variando de 51 a 75% de sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte em conjunção a percentual de desmatamento variando de 51 a 100%. A maior parte do município vem sendo degradada e carece de políticas emergenciais de controle do desmatamento e recuperação ambiental.
	0% - 50%	Sustentabilidade nível 2 ↓	O município apresenta um percentual variando de 51 a 75% de sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte em conjunção a percentual de desmatamento variando de 0 a 50%. As condições ambientais gerais permitem o planejamento voltado ao desenvolvimento sustentável.
26% - 50%	51% - 100%	Insustentabilidade nível 2 ↑	O município apresenta um percentual variando de 26 a 50% de sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte em conjunção a percentual de desmatamento variando de 51 a 100%. Apesar de não existirem grandes extensões territoriais vulneráveis ao uso e ocupação, o desmatamento necessita ser controlado. Necessidade de reflorestamento e proteção de remanescentes de vegetação natural.
	0% - 50%	Sustentabilidade nível 3 ↓	O município apresenta um percentual variando de 26 a 50% de sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte em conjunção a percentual de desmatamento variando de 0 a 50%. Condições favoráveis a manutenção da biodiversidade.
0 - 25%	51% - 100%	Insustentabilidade nível 1 ↑	O município apresenta um percentual variando de 0 a 25% de sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte em conjunção a percentual de desmatamento variando de 51 a 100%. Apesar do alto índice de desmatamento, o município pode, através do incremento de políticas públicas, mitigar os efeitos negativos da antropização e reverter o cenário de degradação ambiental. Necessidade de reflorestamento e proteção de remanescentes de vegetação natural.
	0% - 50%	Sustentabilidade nível 4 ↓	O município apresenta um percentual variando de 0 a 25% de sistemas ambientais com baixa capacidade de suporte em conjunção a percentual de desmatamento variando de 0 a 50%. Melhor cenário em termos de degradação ambiental. O município apresenta condições de se desenvolver de forma sustentável. Existem áreas favoráveis a exploração econômica racional e o desmatamento é baixo.

Fonte: Carvalho (2011).

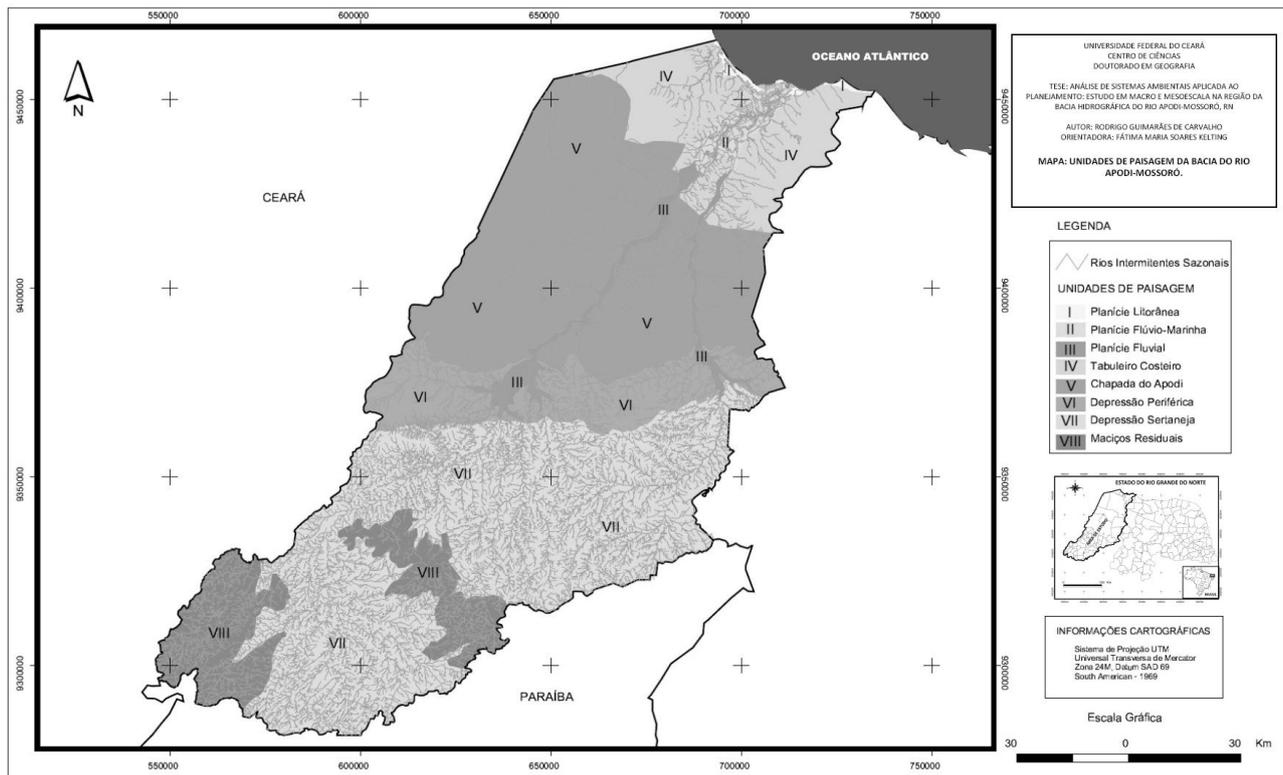


Figura 1: Compartimentação dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró.
Fonte: CARVALHO, 2011.

ambientais. O principal critério de análise reside na avaliação das condições entre o balanço morfogênese/pedogênese. Desse modo, é fundamental a apreciação sobre a idade do ambiente, a maturidade dos solos, as influências do relevo para potencializar a erosão dos solos, a capacidade protetora/estabilizadora da cobertura vegetal e as condições climáticas, principalmente a pluviometria.

Quanto maior a instabilidade dos sistemas ambientais, menor será a capacidade de suporte, o que significa que o poder público deve impor normas mais restritivas quanto ao uso e ocupação do solo para atividades socioeconômicas de médio a alto impacto ambiental (Quadro 3).

Na Figura 2 pode ser observada a diversidade de paisagens na BHRAM. Embora diversos, esses ambientes mantêm o traço comum de se situarem sob o domínio do clima semiárido. Apenas nos enclaves serranos, a umidade se manifesta de forma mais acentuada. O contexto semiárido impõe fortes limitações para a recuperação natural das condições fitoecológicas frente às intervenções

antrópicas, como evidencia Nascimento (2006, p. 113) quando aponta os problemas geoambientais encontrados no Nordeste semiárido como “[...] favorecedores de uma ecodinâmica instável, baixa sustentabilidade ambiental e, proporcionalmente, alta vulnerabilidade de seus domínios ecológicos, beneficiadores da degradação/desertificação [...]”.

A capacidade de suporte dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, relacionada ao quadro ecodinâmico, está esboçada na Figura 3.

A capacidade de suporte baixa está associada a sistemas ambientais sensíveis a atividades econômicas de alto impacto ambiental. São eles a planície litorânea, a planície flúvio-marinha no baixo curso, a planície fluvial no médio curso e os maciços residuais distribuídos no médio e alto curso da bacia. No caso dos maciços, o principal fator que limita a exploração socioeconômica se refere ao relevo fortemente acidentado.

As áreas com capacidade de suporte alta apresentam um relevo plano, com baixa densidade de drenagem superficial. Estão

Quadro 3: Sistemas ambientais, características geoambientais, ecodinâmica e capacidade de suporte.

SISTEMAS AMBIENTAIS	GEOLOGIA/ GEOMORFOLOGIA	CLIMA/ RECURSOS HÍDRICOS	SOLOS/ VEGETAÇÃO	ECODINÂMICA E CAPACIDADE DE SUPORTE
PLANÍCIE LITORÂNEA	Depósitos arenosos inconsolidados de idade quaternária. Amplas faixas de praia, terraços marinhos, morfologias dunares de gerações variadas.	Pluviometria variando entre 600 e 800 mm. Ocorre a infiltração quase que completa da água, alimentando o aquífero dunar, por vezes aflorando na forma de lagoas interdunares.	Neossolos quartzarênicos e quartzarênicos marinhos. Vegetação do complexo litorâneo, predominando a vegetação pioneira psamófila e associações de espécies da caatinga.	Ecodinâmica de ambientes fortemente instáveis. A dinâmica ambiental é comandada por processos marinhos e eólicos. Os sedimentos inconsolidados são constantemente mobilizados dificultando a edafização. A capacidade de suporte é baixa.
PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA	Depósitos recentes com predominância de material argiloso, silte, areia fina e detritos orgânicos. Ampla planície de acumulação de sedimentos flúvio-marinhos.	Pluviometria variando entre 600 e 800 mm. Ambiente submetido a hidrodinâmica do rio Apodi-Mossoró e fluxo marinho. Solos encharcados e salinos.	Gleissolos. Predomínio de vegetação de mangue.	Ecodinâmica de ambientes fortemente instáveis. Os solos estão submetidos a intenso processo de transporte condicionado pelos fluxos fluviais e marinhos, ocorrendo períodos de sedimentação/erosão. Capacidade de suporte baixa.
PLANÍCIE FLUVIAL	Depósitos constituídos por materiais de diversos calibres.	Pluviometria variada devido ao caráter alongado da área. Superfície sujeita a inundações periódicas com boa potencialidade de águas subterrâneas.	Neossolos flúvicos revestidos por mata de galeria. Destaque para as florestas de carnaúba, que já se encontram bastante degradadas.	Ecodinâmica de ambientes fortemente instáveis. Os solos estão sujeitos continuamente a processos de deposição / erosão em função das constantes inundações laterais. Capacidade de suporte baixa.
TABULEIRO COSTEIRO	Sedimentos terciários diversos da Formação Barreiras. Relevos relativamente baixos (máximo de 40 m) e planos a suavemente ondulados.	Pluviometria variando entre 600 e 800 mm. Drenagem superficial mais adensada, presença de lagoas naturais e recarga do aquífero barreiras.	Neossolo quartzarênico e Latossolos. Vegetação associada a espécies da caatinga.	Ecodinâmica de ambientes estáveis. O relevo plano, consorciado com a boa permeabilidade do terreno possibilitou a evolução pedogenética e a fixação da vegetação de porte arbustivo com moderada capacidade protetora dos solos. Capacidade de suporte alta.
CHAPADA DO APODI	Sedimentos mesozóicos da Formação Jandaíra, calcarenitos e calcilitos bioclásticos. Relevo plano, com suave inclinação na direção do litoral (1° a 3°).	Pluviometria variando entre 600 e 800 mm. Drenagem superficial escassa. Aquífero com boa capacidade, em profundidades variadas, de 100 a 1500m.	Cambissolos e Chernossolos. Vegetação de caatinga, caducifólia.	Ecodinâmica de ambientes estáveis. Apesar da pouca capacidade protetora da vegetação, as condições do relevo e a permo-porosidade não favorecem a erosão linear, permitindo a evolução pedogenética. Capacidade de suporte alta.
DEPRESSÃO PERIFÉRICA	Arenito de origem continental e idade mesozóica da Formação Açú. Faixa estreita de terra, alongada de leste para oeste. Relevo ondulado.	Pluviometria variando entre 600 e 800 mm. Recursos hídricos superficiais adensados, com direções variadas. Relevo medianamente dissecado.	Argissolos, Latossolos e Planossolos. Vegetação caducifólia de caatinga.	Ecodinâmica de ambientes de transição. O relevo levemente movimentado impõe a necessidade da cobertura vegetal para a proteção do solo à erosão. A pedogênese atua, mas o desmatamento pode acentuar os processos de transporte. Capacidade de suporte moderada.
DEPRESSÃO SERTANEJA	Rochas cristalinas pré-cambrianas, como o granito, migmatitos e gnaiss. Relevo composto por superfícies de pediplanação e distribuição esparsa de inselbergs.	Pluviometria variando entre 700 e 800 mm. Recursos hídricos superficiais adensados, com padrão de drenagem dentrítico. Relevo medianamente dissecado nos pediplanos e com fortes inclinações em inselbergs distribuídos na área.	Argissolos, Neossolos Regolíticos e Litólicos, Luvisolos. Vegetação caducifólia de caatinga.	Ecodinâmica de ambientes de transição. O relevo levemente movimentado e a densidade da drenagem impõe a necessidade da cobertura vegetal para a proteção do solo à erosão. A pedogênese atua, mas o desmatamento pode acentuar os processos de transporte. Capacidade de suporte moderada.
MACIÇOS RESIDUAIS	Rochas cristalinas com características de maior resistência aos processos erosivos. Apresentam declividades diversificadas, variando entre 10° e 45° de inclinação das vertentes.	Pluviometria variando entre 800 e 1200mm. Recursos hídricos superficiais submetidos a fortes inclinações. Presença de nascentes e cachoeiras, acumulações superficiais e subterrâneas mais pronunciadas nas áreas de platô.	Argissolos, Neossolos Litólicos. Vegetação subcaducifólia, arbustiva e arbórea. Associação de espécies da caatinga.	Ecodinâmica de ambientes de transição tendendo a fortemente instáveis a partir do desmatamento. Apesar da grande capacidade protetora da vegetação e evolução pedogenética, o relevo pode facilmente acionar processos morfogenéticos concentrados, como escorregamentos, deslizamentos ou solifluxão. A manutenção da vegetação é fator crucial para a estabilidade ecológica. Capacidade de suporte baixa.

Fontes dos dados: EMPARN [200-?a], EMPARN [200-?b], Nunes (2006).

Fonte: Carvalho (2011).

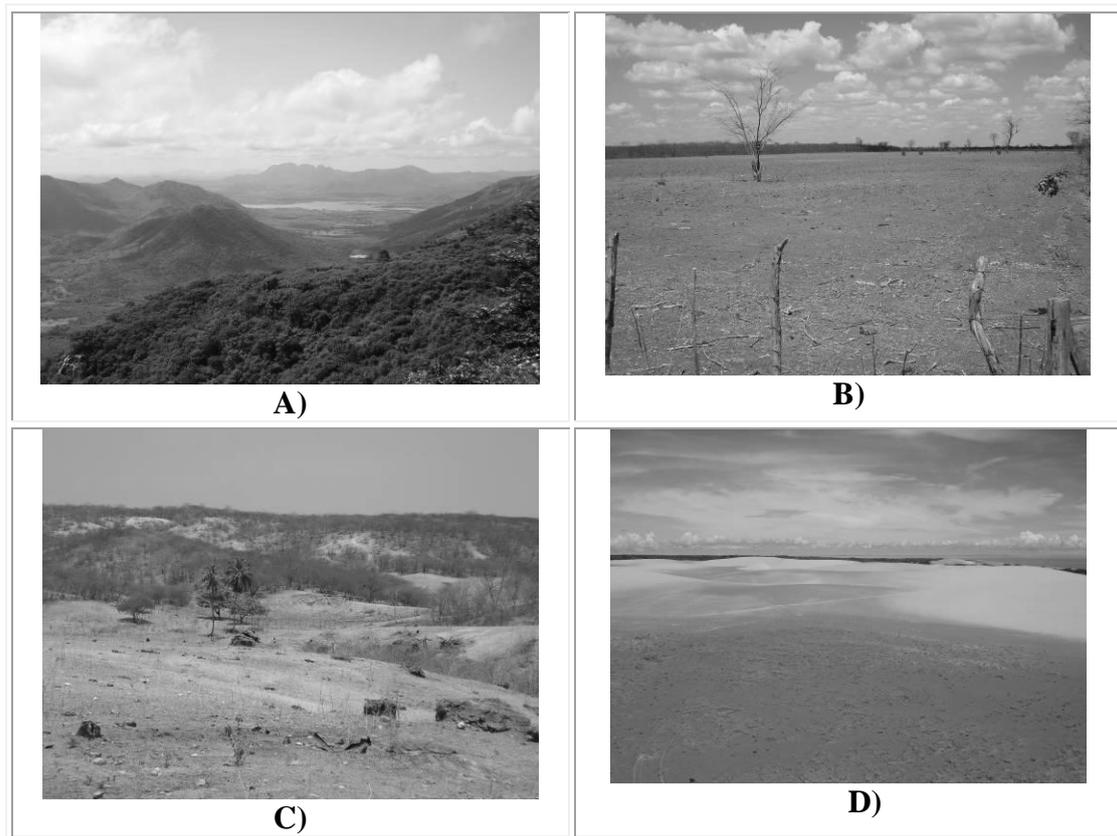


Figura 2: A) Maciço cristalino de Martins no período de maior pluviometria (1º semestre); B) Área desmatada na chapada do Apodi; C) Dissecação do relevo em área de microbacia em Caraúbas; D) Planície litorânea em Areia Branca.
 Fonte: Carvalho (2011).

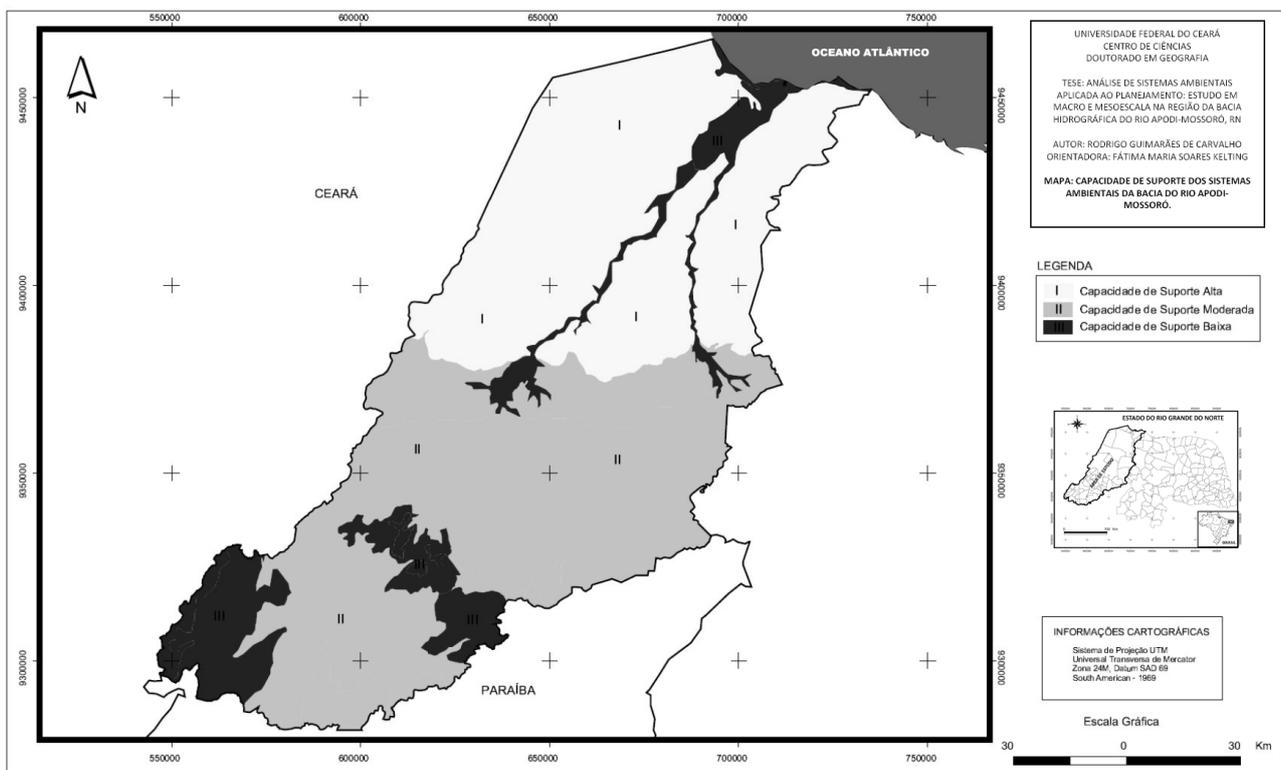


Figura 3: Capacidade de suporte dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró.
 Fonte: Carvalho (2011).

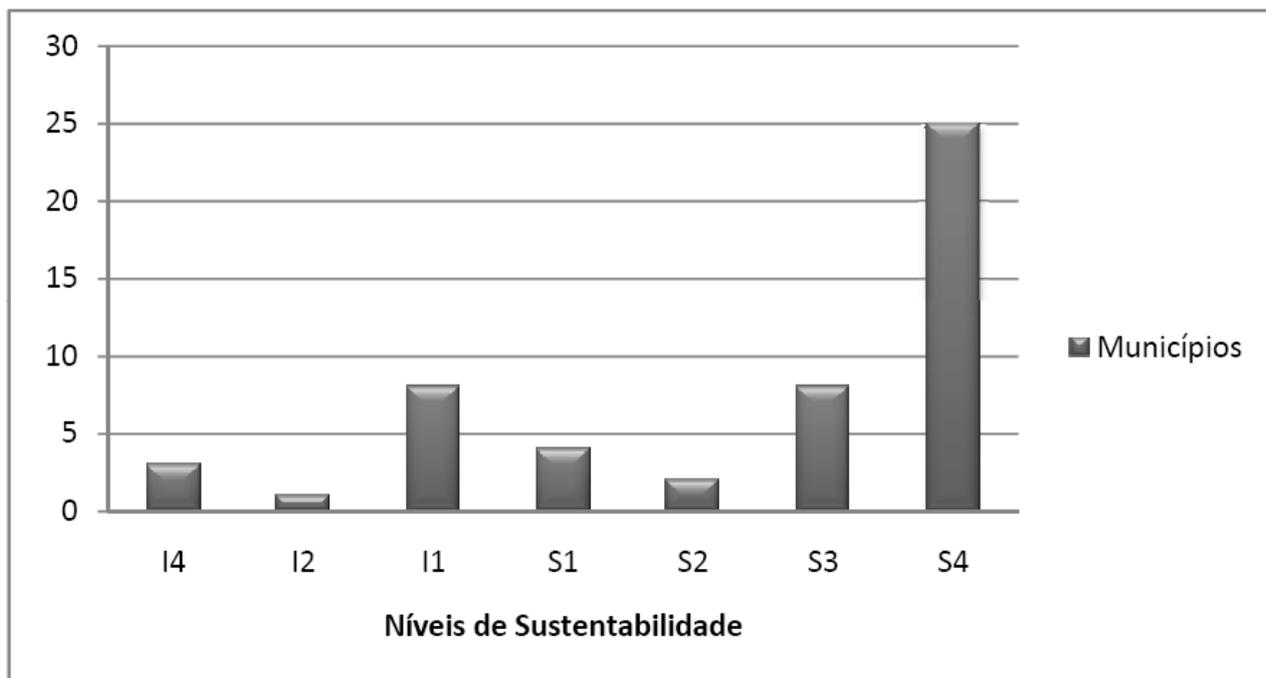


Figura 4: Distribuição de frequência das classes de Insustentabilidade (I1, I2 e I4) e Sustentabilidade (S1, S2, S3 e S4) nos municípios da bacia do rio Apodi-Mossoró.

Fonte: Carvalho (2011).

associadas aos sistemas ambientais com baixa vulnerabilidade às atividades socioeconômicas, contudo, devido ao regime climático semi-árido, devem ser exercidas atividades permanentes de manejo do solo, da água e da vegetação.

As áreas com capacidade de suporte moderada requerem, para o uso intensivo, um manejo ainda mais elaborado do que as áreas com capacidade de suporte alta, considerando a maior intensidade da erosão linear que é favorecida pelo adensamento da drenagem superficial e ligeira dissecação do relevo nos pediplanos sertanejos.

Considerando o enquadramento dos dados para a formação do Índice de Estado do Meio Ambiente, é importante evidenciar que o percentual de desmatamento define se o município apresenta uma exploração territorial Insustentável ou Sustentável e o percentual de áreas com capacidade de suporte baixa define a intensidade destas categorias variando de 1 (menor intensidade) a 4 (maior intensidade).

Doze municípios (Figura 4) foram considerados como insustentáveis. Nestes municípios devem ser priorizadas políticas emergenciais de caráter reparador, que busquem corrigir práticas econômicas que tem

conduzido a uma contínua degradação dos recursos ambientais. Entre esses, Mossoró e Baraúnas apresentaram grandes áreas desmatadas. Em função da sua grande área territorial, Mossoró ficou entre os 20 municípios do Nordeste que mais desmataram entre os anos de 2002 e 2008 segundo dados do MMA (2010).

Vinte e cinco municípios ficaram na classe de sustentabilidade 4. Podemos avultar que nestes municípios devem ser incrementadas políticas que ampliem a capacidade produtiva observando estratégias de sustentabilidade.

No mapa apresentado na Figura 5 são destacados os níveis de Insustentabilidade/Sustentabilidade considerando a distribuição geográfica dos municípios da região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

De um modo geral, o planejamento ambiental da BHRAM deve considerar uma sistemática de uso e exploração dos recursos naturais, principalmente quando essas atividades resultarem em desmatamento, que leve em consideração que as áreas com capacidade de suporte baixa não apresentam condições para receber atividades de médio a

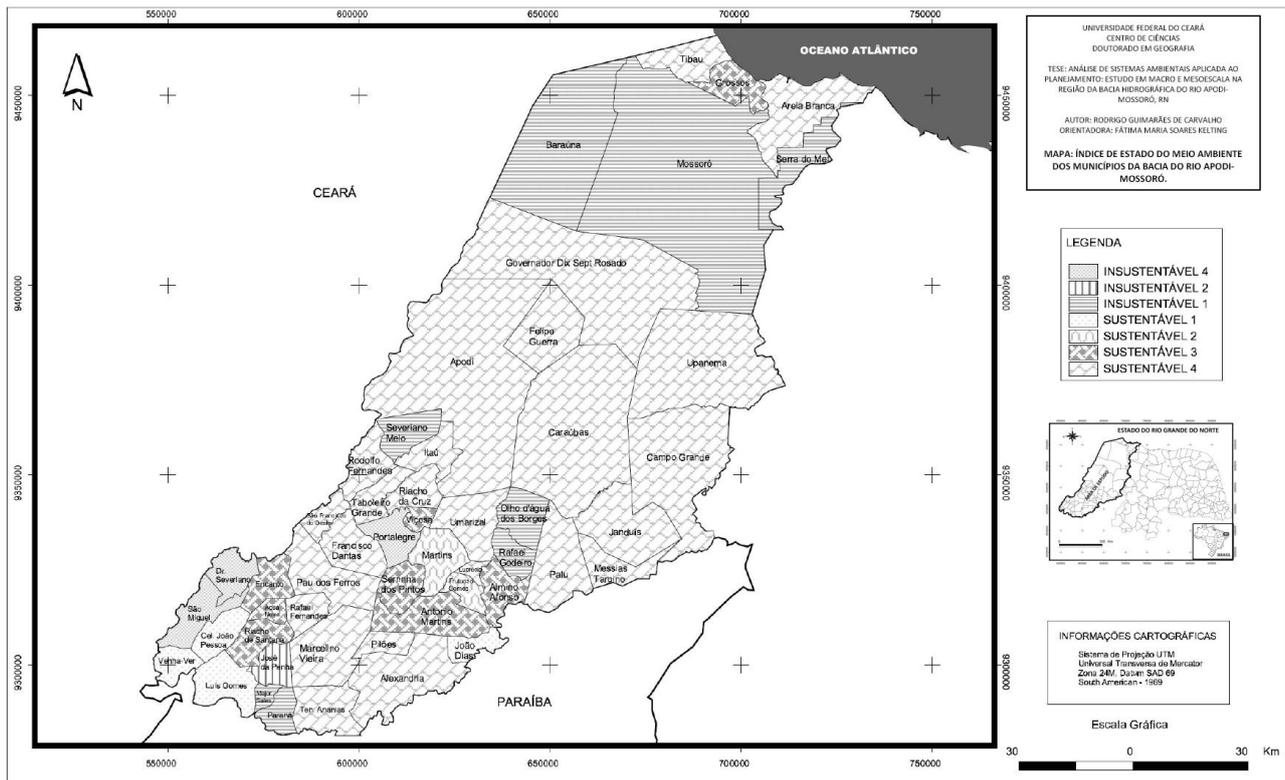


Figura 5: Mapa do Índice de Estado do Meio Ambiente nos municípios da BHRAM.
Fonte: Carvalho (2011).

elevado impacto ambiental. Devem ser priorizadas atividades econômicas que desenvolvam o uso indireto dos recursos naturais, como atividades relacionadas a prática do turismo envolvendo o aproveitamento da beleza cênica, dos atributos arqueológicos, culturais, gastronomia, esportes de aventura, educação ambiental, entre outras atividades.

Nos municípios onde predominam contextos ambientais que representem uma maior capacidade de suporte, as atividades econômicas devem assumir uma maior importância, e primar pelo manejo sustentável dos recursos naturais. As áreas protegidas devem ser resguardadas do desmatamento, como as Áreas de Preservação Permanente, as Reservas Legais e Unidades de Conservação.

4. CONCLUSÃO

A avaliação dos sistemas ambientais da BHRAM mostrou uma heterogeneidade de paisagens. O planejamento e a gestão integrada devem priorizar uma intensificação no uso e ocupação do território em sistemas

ambientais que detenham uma maior capacidade de suporte. Entre eles, a chapada do Apodi e os tabuleiros costeiros apresentam potencial para uma exploração socioeconômica intensiva. Malgrado essa virtude, a exploração deve ser realizada de forma comedida, principalmente quando se trata do desmatamento, como o que coloca o município de Mossoró entre os 20 municípios que mais desmataram entre 2002 e 2008 no bioma caatinga. Os sistemas ambientais que possuem uma capacidade de suporte baixa devem ter seu uso e ocupação controlados e privilegiando atividades que visem o uso indireto dos recursos ambientais.

Na construção do IEMA para os municípios, a conjugação entre os percentuais de áreas com capacidade de suporte baixa e de áreas desmatadas, por município da bacia, proporcionou a visualização de um cenário otimista. A grande maioria dos municípios foi classificada dentro do melhor nível de Sustentabilidade.

Os 12 municípios classificados como insustentáveis, requerem a adoção emergencial de políticas públicas ambientais que tenham

como objetivo controlar e até mesmo, reverter essa situação, com destaque para os municípios de Porto Alegre, Dr. Severiano e São Miguel, pertencentes à classe de Insustentabilidade 4.

REFERÊNCIAS

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v. 13, p. 1-21, 1969.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Tradução: PASSOS, M. M. dos. Maringá: Ed. Massoni, 2007,. 358p.

BRAGA, T. M. et. al. Índices de Sustentabilidade Municipal: o desafio de mensurar. **Revista Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 11 – 33, 2004.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: GAIA, 2010.

CARVALHO, M. S.; PINA, M. de F.; SANTOS, S. M. dos. (Org.). **Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília, DF: Organização Panamericana da Saúde; Ministério da Saúde, 2000.

CARVALHO, R. G. de. **Análise de sistemas ambientais aplicada ao planejamento**: estudo em macro e mesoescala na região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN/Brasil. 2011. Tese (Doutorado em Geografia), Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

_____. **Modelagem em Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Blücher, 1999.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Mapa de Temperatura Anual**.

[200-?a]. Disponível em <<http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/meteorologia/climatologia/temperatura.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE (EMPARN). **Mapa de Precipitação Anual**. [200-?b]. Disponível em <<http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/meteorologia/climatologia/PrecClimatologica/anochuva.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2010.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

LEFF, E. **Racionalidade ambiental**: a reapropriação social da natureza. Tradução Luis Carlos Cabral. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza: Semace, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite**: monitoramento do bioma caatinga. Centro de Sensoriamento Remoto. Brasília, DF, 2010. Relatório Técnico. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=146>>. Acesso em: 22 mar. 2011.

NASCIMENTO, F. R. do. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro**: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará. 2006. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

NUNES, E. **Geografia Física do Rio Grande do Norte**. Natal: Imagem Gráfica, 2006.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Revista Mercator**, Ceará, ano 1, n. 1, p. 95-112, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. La geoecologia del paisaje, como fundamento para el analisis ambiental. **Revista Rede**, [S.l.], v. 1, n.1, p. 77-98, 2007.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Edições UFC, 2004.

RODRIGUEZ, J. M. M. et al. Experiencias de planejamento ambiental em Brasil usando La concepcion de La geoecologia de los paisajes (“landscape planning”). In: SILVA, J. M. O. et al. (Org.). **Gestão dos recursos hídricos e planejamento ambiental**. João Pessoa: Ed. da UFPB, 2010. p. 14-26.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistemas**: métodos em questão. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

TAYRA, F.; RIBEIRO, H. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Revista Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 84 – 95, jan./abr. 2006.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE: SUPREN, 1977.

Data de submissão: 19.11.2011

Data de aceite: 08.12.2011