

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO PERÍODO DE 1988 A 2004, DO BAIXO CURSO DO RIO PIRANHAS-ASSU (RN): SUGESTÕES DE ACOMPANHAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES SOCIOECONÔMICAS IMPACTANTES EM ÁREA COSTEIRA

Alfredo Marcelo GRIGIO¹

Venerando Eustáquio AMARO²

Marco Antonio DIODATO³

Resumo

Este trabalho tem por finalidade identificar, mapear e interpretar a evolução do uso e ocupação do solo do baixo curso do rio Piranhas-Assu (RN), tendo como base o uso de uma metodologia para a interpretação multitemporal, dentro de um ambiente SIG. Foram considerados quatro anos: 1988, 1998, 2001 e 2004. Para uma melhor compreensão do processo de estabilidade e de mobilidade das classes, elas foram agrupadas conforme características e/ou funções semelhantes e, ainda, conforme a permanência dentro da classe ou a sua mudança para outra. Para todos os períodos considerados registrou-se um maior percentual de ocorrência de estados de estabilidade sendo de 75,3%, 86,9% e 80,1%, para os períodos 1988-1998, 1998-2001 e 2001-2004, respectivamente. A cobertura vegetal apresentou índices maiores de progressão que de regressão sinalizando um saldo positivo de 1988 a 2004. A progressão de zonas construídas se mostrou pouco expressivo, quando comparado aos outros estados, assim como a regressão das atividades agro-industriais. A progressão das atividades agro-industriais mostrou que a instalação dessas atividades deu-se principalmente em áreas anteriormente com cobertura vegetal.

Palavras chaves: Dinâmica espaço-temporal. Uso e ocupação do solo. Sensoriamento remoto. Sistema de informação geográfica.

Abstract

Spatio-temporal dynamics of land use and occupation in the lower course of Piranhas-Assu River (RN), in the period from 1988 to 2004: suggestions for integrated accompaniment of impactant socioeconomic activities in coastal area

This work aims at identifying, mapping and understanding the evolution of land use and occupation in the lower course of Piranhas-Assu River (RN), based on a methodology for multi-temporal interpretation, in a GIS environment. Four years were considered: 1988, 1998, 2001 and 2004. For a better comprehension of the class stability and mobility process, they were grouped according to similar functions and/or characteristics and, also, according to their permanence within the class, or change for another. In all the periods taken into account, we recorded a greater occurrence of stable conditions: 75,3%, 86,9% and 80,1%, for the periods 1988-1998, 1998-2001 and 2001-2004, respectively. The vegetative covering presented larger indexes of progression than regression, pointing at a positive outcome from 1988 to 2004. The progression of built areas appeared to be of little significance, when compared to other states, as well as the regression of the agro-industrial activities. The progression of agro-industrial activities showed that the establishment of those activities occurred mainly in areas formerly covered with vegetation.

Key words: Spatio-temporal dynamics. Land use and occupation. Remote sensing. Geographic Information System.

¹ Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Curso de Gestão Ambiental, Campus Universitário Central, Setor IV. R. Prof. Antônio Campos. Mossoró-RN. CEP: 59610-090. grigioma@yahoo.com

² Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. Professor. CCET/Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. amaro@geologia.ufrn.br

³ Universidade Federal do Piauí (UFPI). Curso de Engenharia Florestal Campus Universitário, BR 135, km 3, Bom Jesus, PI. CEP: 64900-000. diodato@ufpi.br

INTRODUÇÃO

O baixo curso do rio Piranhas - Assu, localizado no Litoral Norte do Rio Grande do Norte, é de especial interesse como área de estudo, uma vez que, além das atividades de exploração de petróleo e gás, concentram as atividades relacionadas à carcinicultura, ao sal e à fruticultura, fatores que também merecem especial atenção. Municípios onde ocorrem empreendimentos que envolvam atividades com significativo impacto ambiental, como é o caso dos municípios localizados nos estuários dos rios Piranhas-Assu, devem ter em mãos ferramentas para disciplinar essas atividades dentro do seu território.

Daí a necessidade de se promover um estudo que integre, gere e interprete informações de interesse para essas áreas, visando agilizar a obtenção de respostas concretas e que representem fielmente a área em questão, principalmente por apresentar características singulares devido à confluência de atividades antrópicas divergentes e conflitantes (atividades da indústria do petróleo, carcinicultura, salinas e agropecuária) dentro de um ambiente de extrema dinâmica natural.

Assim, este trabalho procura identificar, mapear e interpretar a evolução do uso e ocupação do solo do baixo curso do rio Piranhas-Assu (RN), no período de 1988 a 2004, tendo como base o uso de uma metodologia para a interpretação multitemporal de imagens de sensores remotos e reconhecimentos de campo.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O baixo curso do rio Piranhas-Assu está localizado no litoral setentrional do Rio Grande do Norte (Figura 1), e compreende os municípios de Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues, Assu, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Macau, Pendências e Porto do Mangue. Nesta região o clima é semi-árido quente (clima tropical equatorial de Nimer 1972; clima muito quente e semi-árido do tipo BSW/h de Koppen), onde predominam estações secas com 7 a 8 meses de duração (junho a janeiro), uma estação chuvosa de fevereiro a maio (período úmido) e um período super úmido (precipitação superior a 100 mm) de março a meados de maio. A precipitação pluviométrica anual é inferior a 750 mm.

A região possui os maiores estuários do litoral do Rio Grande do Norte, o Estuário do Rio Piranhas-Assu, seguido pelo Estuário do Rio Apodi. Os rios desses estuários recebem contribuições do continente por meio de drenagens ativas apenas durante o período chuvoso e com vazões reduzidas. Ao se aproximarem da zona costeira, o fluxo das ondas apresenta a mesma direção dos ventos dominantes provenientes de NE-E.

A área de estudo está inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar, localizada nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, abrangendo uma área total de 48.000 km², dos quais 21.500 km² encontram-se submersos e 26.500 km² distribuídos entre as cidades de Natal e Fortaleza no Nordeste do Brasil.

Na paisagem costeira, o modelamento das formas de relevo é resultante da ação constante dos processos do meio físico, das condições climáticas, das variações do nível do mar, da natureza das seqüências geológicas, das atividades neotectônicas e do suprimento de sedimentos carreados pelos rios e oceano.

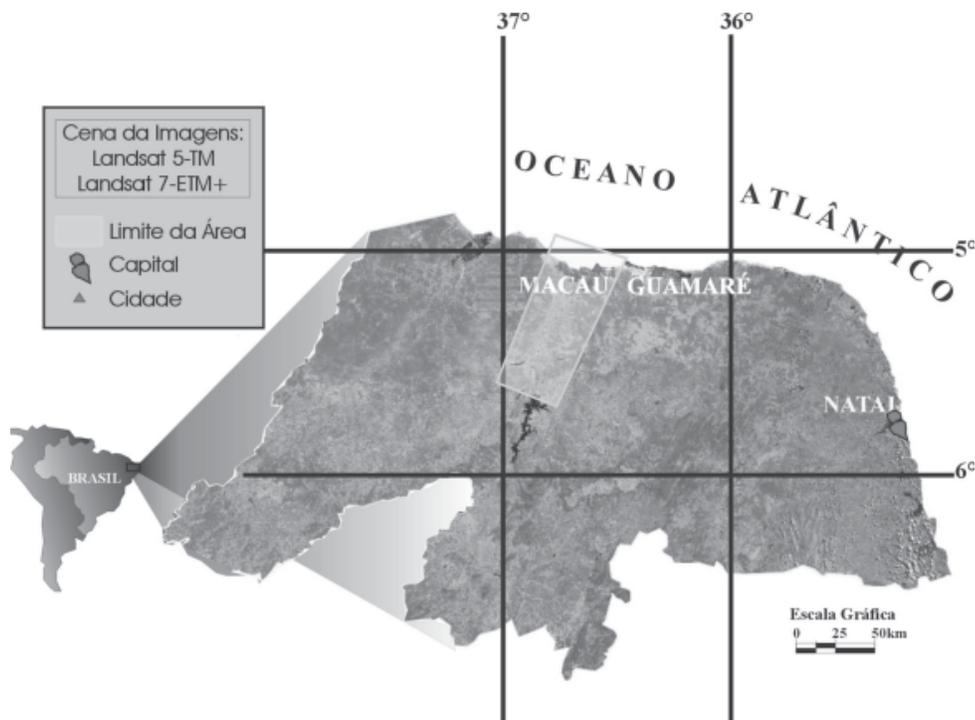


Figura 1 – Localização da área de estudo: estuário do rio Piranhas-Assu, RN

Os municípios inseridos na área de estudo são: Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues, Assu, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Macau, Pendências e Porto do Mangue. Conforme dados do IDEMA (2004) o município mais populoso da área de estudo é Assu, com uma população total de 50.177 habitantes, seguido de Macau, com uma população de 25.554 habitantes. O menos populoso corresponde ao município de Porto do Mangue, com população de 4.650 habitantes, porém é o que apresenta taxa de crescimento (7,4) superior aos dos outros municípios. Itajá também apresenta uma alta taxa de crescimento (6,33), enquanto que o município de Macau mostra taxa negativa (-1,12), isto é, existe uma tendência da sua população decrescer. Com exceção de Carnaubais e Ipanguaçu, os municípios apresentam altas taxas de urbanização, sendo que o município de Itajá é o que apresenta maior valor (82,06%).

As atividades ligadas ao petróleo estão presentes nos municípios de Alto do Rodrigues, Assu, Carnaubais, Macau, Pendências e Porto do Mangue.

O município que mantém maior número de poços onshore perfurados e produtores é Alto do Rodrigues e o município com menor número de poços é Porto do Mangue. Macau e Alto do Rodrigues são os municípios com maior produção de petróleo líquido. Já, na produção de gás natural, destacam-se os municípios de Macau e Pendências.

ANÁLISE MULTITEMPORAL

O conhecimento atualizado da distribuição e da área ocupada pela agricultura, vegetação natural, áreas urbanas e edificadas, entre outras, bem como informações sobre as proporções de suas mudanças, se tornam cada vez mais necessárias aos legisladores e planejadores. Desse modo, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso do solo, para que suas tendências possam ser analisadas. Neste contexto, o sensoriamento remoto constitui-se numa técnica de grande utilidade, pois permite em curto espaço de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações espaciais, espectrais e temporais (PACHECO, 2000).

O uso do sensoriamento remoto com base na análise e interpretação de imagens de satélites é um dos meios que se dispõem hoje para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção de mudanças geoambientais. Em combinação com dados de aerofotogrametria e geodésia, com os recentes recursos do Sistema de Informações Geográficas e aliado às novas técnicas de processamento e aos novos sensores, as imagens de satélite oferecem possibilidades, ainda pouco exploradas, de gerarem informações sinópticas e precisas para a avaliação e evolução de diversas variações temáticas da superfície terrestres (PACHECO, 2000).

Para satisfazer, tanto as exigências da lei como às da atividade dos empreendedores, colocando ambos em sintonia, se faz necessário à realização de estudos aprofundados sobre o ambiente. A aplicação da sistemática de técnicas de sensoriamento remoto permite o estudo da evolução ambiental de uma região desde o início da intensificação dos processos antrópicos por meio de análises multitemporais (GRIGIO, 2003).

Estudos multitemporais foram conduzidos, de fato, com resultados satisfatórios em várias regiões do mundo interessadas em evidenciar mudanças ambientais (MESQUITA JUNIOR, 1998; DISPERATI *et al.*, 1998, PARANHOS FILHO, 2000; GRIGIO *et al.*, 2001 e 2002; GUEDES *et al.*, 2002; GRIGIO, 2003, GRIGIO *et al.*, 2005).

MÉTODO DE ANÁLISE MULTITEMPORAL

A confecção e interpretação dos mapas de uso e ocupação do solo, do baixo curso do rio Piranhas-Assu (RN), para os anos de 1988, 1998, 2001 e 2004, envolveram três etapas de trabalho. A primeira incluiu a pré-análise dos documentos cartográficos existentes e digitalização da Carta Topográfica - SB.24 - X - B - V - MACAU, Escala 1:100.000; Carta Topográfica Folha - SB.24 - X - D - II - MACAU, Escala 1:100.000; e, Carta Topográfica - SB.24 - X - D - V de AÇU na Escala 1:100.000, elaboradas pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em impressão de 1972. Na seqüência, esse documento foi georreferenciado no programa ER-Mapper 6.0 e vetorizado via-tela (heads-up digitizing), a fim de se obter uma base vetorial digital dos dados. O software utilizado no processo de vetorização e criação do banco de dados georreferenciado foi o ArcView GIS 3.2.

Na segunda etapa do trabalho utilizaram-se produtos digitais de sensoriamento remoto orbital (cena Landsat 5-TM 214-065, de 30/07/1988, cena Landsat 5-TM 214-065, de 28/09/1998, cena Landsat 7-ETM+ 214-065, de 05/04/2001, cena Landsat 7-ETM+ 214-065, de 29/05/2003 e cena CBERS_2_CCD1XS: Órbita Ponto: 148-106 (14/08/2004), Projeção: UTM; Datum SAD-69; com as faixas multiespectrais do visível-infravermelho) e aerotransportado de alta (fotos aéreas verticais) e baixa altitude (fotos oblíquas de reconhecimento), cuja estratégia de tratamentos consistiu no emprego de técnicas de processamento digital de imagens.

Para a interpretação visual monoscópica sistemática dos padrões de cores e arranjo textural nas imagens de satélite foram utilizadas as seguintes composições coloridas: Landsat 5-TM e 7-ETM+: RGB-4-3-1, RGB-7-4-1, RGB-5-4-2, RGB-5-3-1, RGB-4-2-

NDWI; RGB- NDVI-3-1; RGB-73-53-43, para o Landsat 7-ETM+ também se utilizou das seguintes composições: RGBI-7-4-NDWI-PAN, RGBI-4-2-NDWI-PAN, RGBI-74-52-43-PAN e CBERS_2_CCD1X S: RGB-4-3-2 e RGB-4-3-NDWI.

Após a escolha das melhores composições foi utilizado o software Arcview GIS 3.2, de forma a conduzir à seleção das principais categorias que comporiam o mapa temático de uso e ocupação do solo. Trabalhos de campo, incluindo sobrevôo, foram efetuados para confirmação/retificação dos limites de áreas no mapa.

Para a terceira etapa foi realizado o cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1988, 1998, 2001 e 2004, valendo-se da extensão ArcView Spatial Analyst v1.1 no software Arcview GIS 3.2. Esse módulo possibilita o cruzamento temporal de dados de diferentes camadas (layers), o que permitiu a elaboração de uma Tabela cujas colunas representam as classes mapeadas de um ano e as linhas representam as classes mapeadas para o outro ano (Tabela 1). Como o método permite apenas o cruzamento entre duas datas, foram realizados três cruzamentos, um entre os anos 1988 e 1998, outro entre os anos 1998 e 2001 e, ainda, outro entre os anos 2001 e 2004.

Tabela 1 - Tabela de cruzamento temporal gerado pela extensão ArcView Spatial Analyst v1.1

Ano1 ↓	Ano20 →	Classe1	Classe2	Classe3	...	Total
Classe1						
Classe2						
Classe3						
....						
Total						

Este tipo de Tabela especifica mudanças no uso e ocupação do solo de uma data para outra. Os títulos das linhas representam as categorias de classes de uso do solo para uma data específica (Ano1), enquanto que os títulos das colunas representam as categorias de classes de uso do solo para a outra data do cruzamento (Ano2). Note-se que os dados da data anterior estão locados nas linhas e os dados referentes à data posterior estão nas colunas. Nas intersecções das linhas com as colunas pode-se obter a informação da mudança do uso do Ano1 para o Ano2, em termos de área, para cada classe do Ano1. Nas intersecções cujo registro é zero significa que a classe considerada para o Ano1 não apresentou alteração para essa classe do Ano2. As áreas sombreadas representam as áreas que não se modificaram quanto ao seu uso.

É importante salientar essa técnica de cruzamento, pela riqueza e relevância das informações geradas, pois possibilita a obtenção de informações acuradas das mudanças do uso do solo entre dois períodos, em termos quantitativo e qualitativo da mudança, isto é, onde, quanto e para que classe mudou.

RESULTADOS

Os valores absolutos da superfície, em hectares, e valores percentuais, das classes de uso e ocupação do solo da área de estudo, para os anos de 1988, 1998, 2001 e 2004, são apresentados na tabela 2. Os mapas de uso e ocupação do solo referentes a esses anos são apresentados na figura 2.

No ano de 1988 a maior cobertura do solo correspondeu à classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (20,59%), seguido da classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (16,40%) e da classe Cultura Temporária (15,44%).

Tabela 2 – Uso e ocupação do solo no baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN, com suas áreas e porcentagem correspondentes, para os anos de 1988, 1998, 2001 e 2004

CLASSE	ANO							
	1988		1998		2001		2004	
	Área (ha.)	%						
Adutora	0,00	0,00	201,29	0,08	230,51	0,09	230,51	0,09
Área alagadiça	22.598,33	8,74	19.199,31	7,43	21.247,87	8,22	16.031,33	6,20
Assentamento	53,07	0,02	23,28	0,01	23,28	0,01	534,43	0,21
Mata de Caatinga Arbustiva Aberta	21.717,11	8,40	22.347,78	8,65	20.398,52	7,89	20.573,83	7,96
Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada	42.389,77	16,40	7.637,06	2,95	1.121,61	0,43	35,63	0,01
Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta	53.218,11	20,59	92.840,43	35,92	96.885,14	37,48	92.262,00	35,70
Produção de camarão marinho	0,00	0,00	2.551,24	0,99	2.900,46	1,12	7.841,28	3,03
Mata de Carnaúba	16.972,84	6,57	16.126,82	6,24	14.262,15	5,52	15.536,80	6,01
Cidade	806,12	0,31	1.146,90	0,44	1.254,32	0,49	1.336,39	0,52
Comunidade	239,40	0,09	527,58	0,20	527,58	0,20	553,69	0,21
Cultura temporária e permanente	4.073,28	1,58	4.059,01	1,57	5.374,42	2,08	10.022,41	3,88
Cultura temporária	39.913,82	15,44	41.524,77	16,07	42.026,78	16,26	32.579,43	12,60
Vegetação de dunas	3.648,94	1,41	5.241,22	2,03	4.696,67	1,82	3.856,14	1,49
Terras áridas	3.423,67	1,32	3.914,86	1,51	3.736,37	1,45	4.122,80	1,60
Lagoa	10.783,82	4,17	8.135,81	3,15	9.041,75	3,50	11.035,68	4,27
Lagoa temporária	486,38	0,19	39,14	0,02	207,96	0,08	798,32	0,31
Manguezal	3.012,48	1,17	3.837,81	1,48	3.850,38	1,49	3.327,73	1,29
Pastagem	18.219,31	7,05	13.217,35	5,11	13.684,71	5,29	21.784,78	8,43
Pivô de irrigação	0,00	0,00	881,58	0,34	1.029,75	0,40	850,61	0,33
Poço de extração de petróleo	3.763,52	1,46	3.163,67	1,22	3.263,95	1,26	3.803,60	1,47
Praia	424,96	0,16	142,05	0,05	175,91	0,07	419,36	0,16
Água livre	3.865,09	1,50	3.118,30	1,21	3.727,13	1,44	4.104,37	1,59
Salina: cristalizadora	1.108,58	0,43	2.656,76	1,03	2.682,93	1,04	1.077,92	0,42
Salina: evaporadora	7.746,62	3,00	5.931,23	2,29	6.115,10	2,37	5.709,55	2,21
Termo elétrica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,66	0,01
Total	258.465,24	100,00	258.465,24	100,00	258.465,24	100,00	258.465,24	100,00

À época a produção de camarão marinho era inexistente. Uma década depois a classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta apresenta um aumento da área de quase quarenta mil hectares, elevando o percentual de participação entre as classes para 35,92%.

Por outro lado, a classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada, que estava em segundo lugar na década anterior, teve uma importante diminuição da sua área, ficando com 2,95% de participação entre as outras classes. No ano de 1998 já há o registro de atividades de carcinicultura.

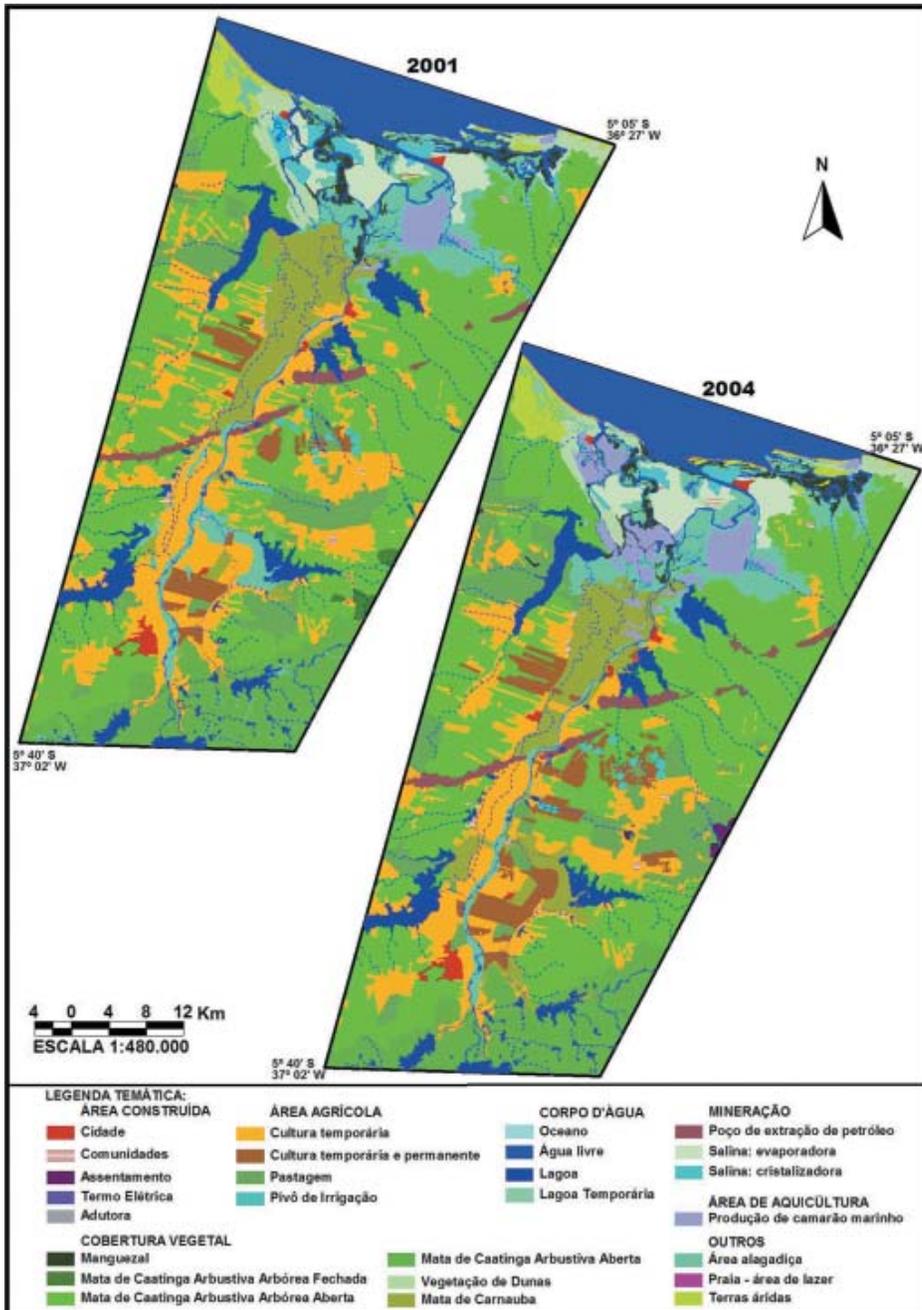


Figura 2b - Uso e ocupação do solo no baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN, para os anos de 1988, 1998, 2001 e 2004

Nos anos subseqüentes, 2001 e 2004, a classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta manteve o primeiro lugar na posição de cobertura do solo, sem grandes alterações na superfície de cobertura do solo. Já, a classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada, mostrou uma considerável diminuição da sua área, chegando a representar apenas 0,01% de participação na área de estudo. Assim, percebe-se claramente uma depreciação da qualidade da mata no baixo curso do rio Piranhas-Assu.

No caso das atividades de ocorrência no sistema manguezal, verificou-se que houve um acréscimo da área de produção de camarão marinho, enquanto que a atividade de salina apresentou diminuição da sua área.

Devido ao manguezal não apresentar grandes variações de área, presume-se que houve uma mudança de classe, no período considerado, de salina para produção de camarão marinho, isto é, as áreas de salinas foram transformadas em tanques de produção de camarão. As atividades agropecuárias mostram que no período 1988-1998 houve uma diminuição da área de pastagem e um aumento das áreas de culturas temporárias e de culturas temporárias e permanentes.

No período 1998-2001 houve pouca variação das áreas das atividades agropecuárias, quando comparada aos outros períodos. Já, no período de 2001 a 2004, registra-se um grande declínio das áreas de culturas temporárias, enquanto ocorre um aumento da área das classes pastagem e cultura temporária e permanente. Assim, pode-se inferir que houve uma transformação das áreas de pastagem em áreas de atividade agrícola.

A Tabela 3 apresenta os códigos de identificação e respectivas classes de uso e ocupação do solo usados nas tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 3 - Códigos de identificação e respectivas classes de uso e ocupação do solo, para o baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN

CÓDIGO	CARACTERIZAÇÃO	CÓDIGO	CARACTERIZAÇÃO
ADUTOR	Aduтора	DUNMO	Terras áridas
ALAGA	Área alagadiça	LAGOA	Lagoa
ASSENT	Assentamento	LAGTEM	Lagoa temporária
CAABU	Mata de Caatinga Arbustiva aberta	MANGUE	Manguezal
CAADE	Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada	PASTAG	Pastagem
CAARA	Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta	PIVOIR	Pivô de irrigação
CAMAR	Produção de camarão marinho	POCPE	Poço de extração de petróleo
CARNAU	Mata de Carnaúba	PRAIA	Praia
CIDAD	Cidade	RIO	Água livre
COMUN	Comunidade	SALCR	Salina: cristalizadora
CULPE	Cultura temporária e permanente	SALEV	Salina: evaporadora
CULTE	Cultura temporária	TERMO	Termo elétrica
DUNFI	Vegetação de dunas		

Os resultados dos cruzamentos entre os anos 1988 e 1998, 1998 e 2001 e 2001 e 2004, são apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente. Nessas tabelas pode ser visualizado, nas colunas, o ano cronologicamente anterior e, nas linhas, o ano subseqüente. Os valores numéricos, em hectare, correspondem às mudanças ou permanências entre as classes dos anos considerados.

A Tabela 4, referente ao cruzamento dos anos 1988 e 1998, mostra que o maior valor de superfície corresponde à classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAARA) (39.032,50 hectares), que permaneceu inalterada no período considerado na tabela.

Tabela 4 – Cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo do baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN, em hectare, entre os anos de 1988 e 1998

CLASSES	ADUTOR	ALAGA	ASSENT	CAABU	CAADE	CAARA	CAMAR	CARNAU	CIDAD	COMUN	CULPE	CULTE	DUNFI	DUNMO	LAGOA	LACTEM	MANGUE	PASTAG	PVOIR	POCFE	PRAMA	RIO	SALCR	SALFY	Total
ALAGA	0,0	12.748,8	0,0	140,3	0,0	1.156,5	326,5	3.028,8	0,0	0,0	6,5	1.095,5	808,8	135,0	261,0	0,0	864,0	0,0	0,0	5,5	0,0	912,8	901,3	1.078,8	22.581,8
ASSENT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0
CAABU	0,0	28,5	0,0	21.290,0	0,0	320,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	82,5	0,0	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21.708,3
CAADE	24,5	88,8	0,0	156,0	7.102,8	30.156,3	0,0	0,0	2,8	0,0	661,8	2.103,3	0,0	197,8	61,0	6,8	0,0	1.430,0	171,5	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	42.286,8
CAARA	84,8	1.130,0	0,0	291,3	217,3	39.032,5	0,0	110,8	180,3	41,8	1.972,8	6.281,5	626,3	129,3	141,0	1,3	0,3	2.342,0	355,8	72,0	0,0	12,5	0,0	0,0	53.023,0
CARNAU	0,0	1.100,5	0,0	31,5	0,0	99,0	3,0	11.572,8	15,0	0,0	18,8	3.339,8	0,0	0,0	38,3	0,0	307,3	322,5	0,0	0,0	0,0	120,8	0,0	0,0	16.969,0
CIDAD	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	766,8	0,0	0,0	9,8	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	5,3	805,0
COMUN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	1,3	0,0	194,8	0,0	26,3	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	241,3
CULPE	3,3	48,0	0,0	0,0	0,0	204,8	0,0	23,3	0,0	0,0	941,5	2.843,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	4.071,5
CULTE	46,8	827,3	7,0	60,5	124,0	8.558,0	0,0	163,8	150,3	192,8	621,3	22.936,3	27,8	0,0	203,3	0,0	0,0	5.231,3	285,8	98,3	0,0	49,0	0,0	0,0	39.575,0
DUNFI	0,0	120,3	0,0	0,0	0,0	152,8	0,0	0,5	15,0	65,5	0,0	0,0	2.880,5	348,3	1,3	0,5	3,3	0,0	0,0	0,0	0,3	31,0	16,5	12,0	3.647,5
DUNMO	0,0	132,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	385,5	2.828,8	0,3	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	24,0	51,5	0,0	0,0	3.429,8
LAGOA	0,0	1.083,5	0,0	403,8	0,8	506,3	13,8	1.003,0	0,3	0,0	0,0	151,0	62,3	3,0	7.586,3	0,0	67,0	31,8	0,3	105,3	0,0	0,0	0,0	0,0	10.788,0
LAGTEM	0,0	72,5	0,0	0,0	0,0	65,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	217,8	87,0	7,8	31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	481,5
MANGUE	0,0	497,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	0,0	0,0	0,0	2.082,5	0,0	0,0	0,0	0,0	301,0	38,5	36,5	3.008,3
PASTAG	16,5	85,8	15,3	0,0	62,3	10.783,0	0,0	96,8	0,0	0,0	42,8	3.158,0	0,0	0,0	27,8	0,0	0,0	3.852,8	68,5	0,5	0,0	4,5	0,0	0,0	18.215,0
POCFE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	614,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,8	0,0	0,3	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2.843,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3.771,0
PRAMA	0,0	26,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	113,5	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	106,5	175,0	0,0	0,0	426,5
RIO	27,8	906,3	0,0	0,0	0,0	2,5	0,8	126,8	26,5	0,0	3,8	88,8	73,8	16,0	2,5	0,0	468,3	0,0	0,0	2,3	0,3	1.895,8	50,0	128,0	3.819,8
SALCR	0,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	722,7	890,8	86,3	1.814,7
SALFY	0,0	160,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7.748,8
Total	203,5	19.085,8	22,3	22.351,3	7.597,5	91.644,3	2.549,5	16.144,0	1.146,8	494,8	4.269,0	41.542,0	5.238,3	3.889,5	8.125,3	40,0	3.830,0	13.221,5	881,8	3.162,5	131,0	4.314,7	2.656,3	5.954,0	258.465,2

Valor de magnitude semelhante ocorreu da transformação da classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAADE) para a classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAARA) (30.156,25 hectares), o que confirma o que foi mostrado na Tabela 2: a vegetação de caatinga, na área de estudo, apresentou franca degradação na sua estrutura florestal. A classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAARA) apresentou um acréscimo de área oriundo de áreas agropecuárias, isto é, houve uma transformação de 8.556,00 hectares de Cultura Temporária (CULTE) e de 10.783,00 hectares de Pastagem (PASTAG) na classe acima referida (CAARA).

Para os períodos de 1998 a 2001 e de 2001 a 2004, apresentados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente, verifica-se que os maiores valores de superfície correspondem às células que mostram estabilidade da classe, isto é, que não apresentaram mudança de classe entre os anos considerados. Assim, para o período de 1998 a 2001, o maior valor corresponde à classe Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta (CAARA) (81.743,50 hectares), seguindo, em valores decrescentes, a classe Cultura Temporária (CULTE) (28.489,50 hectares), a classe Mata de Caatinga Arbustiva Aberta (CAABU) (20.375,00 hectares), a classe Área Alagadiça (ALAGA) (16.475,25 hectares) e a classe Mata de Carnaúba (CARNAU) (11.745,50 hectares). Já no período de 2001 a 2004, as células que mostram a estabilidade da classe apresentam valores menores que o do período anterior o que demonstra uma mobilidade maior entre as classes. O maior valor encontrado corresponde à classe Cultura Temporária (CULTE) (25.143,50 hectares), seguido da classe Mata de Caatinga Arbustiva Aberta (CAABU) (19.839,00 hectares)

Para uma melhor compreensão do processo de estabilidade e de mobilidade das classes, elas foram agrupadas conforme características e/ou funções semelhantes (PANIZZA, 2004). Esse agrupamento pode ser visualizado na Tabela 7, o que gerou uma nomenclatura de classes, a saber: Areia/Solo exposto, Água, Zona úmida, Zona construída, Cobertura vegetal e Atividade agro-industrial.

Para fins desse trabalho entende-se que a atividade agro-industrial refere-se a todas as atividades e processos relacionados com a produção vegetal (agricultura), animal (pecuária) e mineral (extração de sal e petróleo).

Tabela 5 – Cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo do baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN, em hectare, entre os anos de 1998 e 2001

CLASSES	ADUTOR	ALAGA	ASSENT	CAABU	CAADE	CARA	CAMAR	CARNAU	CIDAD	COMUN	CULPE	CULTE	DUNFI	DUNMO	LAGOA	LAGTEM	MANGUE	PASTAG	PIVOIR	POCPE	PRAIA	RIO	SALCR	SALEY	Total	
ADUTOR	203,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	203,5	
ALAGA	0,0	16,675,3	0,0	0,0	0,0	150,8	239,8	206,3	0,0	0,0	0,0	1,079,0	197,8	25,3	88,8	88,8	270,5	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	63,5	162,8	19,048,5	
ASSENT	0,0	0,0	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3	
CAABU	0,0	0,0	0,0	20,375,0	0,0	1,365,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	163,8	0,0	0,0	441,3	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	22,352,0	
CAADE	0,0	0,0	0,0	0,0	990,5	4,289,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	561,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,790,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,631,8	
CAARA	1,5	177,5	0,0	0,0	91,5	81,743,5	17,3	4,8	41,5	0,0	5,3	4,202,0	0,0	5,3	294,0	0,0	0,0	5,023,8	189,3	94,3	0,0	0,5	0,0	0,0	91,891,8	
CAMAR	0,0	200	0,0	0,0	0,0	0,0	2,529,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,549,0	
CARNAU	0,0	2,474,8	0,0	0,0	0,0	249,0	0,0	11,745,5	2,0	0,0	101,3	1,281,8	23,5	0,0	169,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,046,8
CIDAD	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,099,8	0,0	0,0	1,3	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3	1,146,8
COMUN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	528,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	528,8
CULPE	0,0	21,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	2,942,8	133,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,58,5	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,039,5
CULTE	26,5	1,048,0	0,0	0,0	0,0	4,376,3	108,0	1,955,8	53,3	34,0	2,322,0	28,897,5	0,0	0,0	85,8	0,0	0,0	2,868,0	87,3	11,3	0,0	70,8	0,0	0,0	0,0	41,536,3
DUNFI	0,0	54,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	4,102,0	731,3	0,3	125,0	15,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,234,8
DUNMO	0,0	6,0	0,0	22,0	0,0	147,5	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	12,3	5,5	2,8	7,922,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,129,5
LAGOA	0,0	453,8	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	49,8	4,3	0,0	0,0	0,0	3,969,8
LAGTEM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0
MANGUE	0,0	247,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,568,0	0,0	0,0	0,0	0,3	16,3	0,0	0,0	3,842,8	
PASTAG	0,0	598	0,0	0,0	0,8	2,422,0	0,0	262,8	11,0	0,0	0,5	5,849,8	0,0	0,0	23,8	0,0	0,0	4,883,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,221,5
PIVOIR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	86,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	738,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	879,3
POCPE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,156,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,162,5
PRAIA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	118,5	16,3	0,0	0,0	0,0	141,5
RIO	0,0	280,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,0	0,0	0,0	0,0	48,5	23,8	60,5	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	8,5	3,808,5	0,0	0,0	4,314,7	
SALCR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,618,8
SALEY	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,936,5
Total	231,5	21,327,3	22,3	20,397,0	1,082,8	95,869,3	2,908,0	14,246,0	1,254,0	562,8	5,377,5	41,899,3	4,699,3	3,735,5	9,053,3	215,3	3,869,3	14,529,3	1,034,0	3,262,0	177,5	3,918,7	2,682,3	6,119,5	258,465,2	

Tabela 6 – Cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo do baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN, em hectare, entre os anos de 2001 e 2004

CLASSES	ADUTOR	ALAGA	ASSENT	CAABU	CAADE	CARA	CAMAR	CARNAL	CIDAD	COMUN	CULPE	CULTE	DUMFI	DUMMO	LAGOA	LACTEM	MANGUE	PASTAG	PVOIR	POCPE	PRAMA	RIO	SALCR	SALEV	TERMO	Total	
ADUTOR	211,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	211,5	
ALAGA	0,0	10.307,0	0,0	4413,3	0,0	1.073,8	1.581,0	3.306,0	13,0	7,3	125,5	640,5	325,0	743,8	1.630,3	99,8	498,0	335,3	0,0	0,0	8,5	802,3	35,8	106,1	0,0	21.251,0	
ASSENT	0,0	0,0	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3
CAABU	0,0	0,0	19.839,0	0,0	524,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	20.839,8	
CAADE	0,0	0,0	0,0	0,0	880,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	110,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	126,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.121,3	
CARA	0,0	940,3	218,5	275,3	29,5	70.123,0	212,5	538,0	0,0	8,5	975,5	4.664,3	208,5	69,8	380,3	50,0	0,0	8.584,8	11,8	528,5	0,0	13,3	0,0	15,0	7,3	96.863,3	
CAMAR	0,0	61,8	0,0	0,0	0,0	0,3	2.805,8	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,8	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	2.898,8	
CARNAL	0,0	2.237,0	0,0	0,0	0,0	0,0	933,8	10.085,0	8,3	4,0	256,8	274,8	0,0	0,0	265,5	0,0	8,5	124,0	1,0	0,0	0,0	69,5	0,0	0,0	0,0	14.268,0	
CIDAD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	2.210,8	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	0,0	4,5	0,0	0,0	1.254,0	
COMUN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	528,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	528,8	
CULPE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	222,3	0,0	81,8	0,0	0,0	4.908,0	118,5	0,0	0,0	0,0	0,0	46,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.377,3	
CULTE	0,0	75,0	234,5	14,0	6,8	5.515,0	97,8	2.393,3	79,5	5,8	3.408,0	25.143,5	0,0	0,0	387,3	17,5	0,0	4.303,0	10,8	2.601,0	0,0	40,0	0,0	0,0	30,0	42.021,5	
DUMFI	0,0	179,8	0,0	0,0	0,0	585,5	483,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.988,0	160,8	28,3	193,5	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	73,0	0,0	0,0	0,0	4.694,5	
DUMMO	0,0	55,3	0,0	0,0	0,0	12,5	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.360,0	2.954,5	0,0	383,3	1,0	0,0	0,0	0,0	127,8	11,8	0,0	0,0	0,0	3.688,8	
LAGOA	0,0	261,5	0,0	0,0	0,0	379,8	4,8	56,8	0,0	0,0	29,5	72,0	0,0	1,3	8.193,0	39,5	3,5	0,5	7,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9.051,0	
LACTEM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,8	0,0	112,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	206,5	
MANGUE	0,0	800,5	0,0	0,0	0,0	13,0	133,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,0	16,5	0,0	0,0	2.313,5	0,0	0,0	0,0	0,5	472,3	1,8	21,3	0,0	3.838,5	
PASTAG	0,0	0,0	54,8	0,0	0,0	3.782,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,3	1.420,8	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	8.301,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13.690,0	
PVOIR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	146,0	62,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	828,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.003,5	
POCPE	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	49,8	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	84,3	0,0	0,0	105,3	0,0	0,0	0,5	0,0	3.009,5	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	3.362,0	
PRAMA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	19,5	25,5	39,5	0,0	0,0	306,8	0,0	0,0	0,0	117,3	0,0	0,0	0,0	0,0	163,0	
RIO	0,0	726,8	0,0	0,0	0,0	39,8	82,3	51,8	0,3	0,0	1,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5	0,0	0,0	0,0	163,8	2.300,7	16,5	31,8	0,0	3.803,7	
SALCR	0,0	124,8	0,0	0,0	0,0	876,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.682,0	
SALEV	0,0	145,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	10,8	0,5	0,0	0,0	42,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6.119,5	
Total	231,5	15.975,3	430,0	20.571,5	36,3	92.201,8	7.839,3	15.538,5	1.335,5	554,3	10.024,3	32.616,0	3.856,8	4.127,8	11.037,3	795,3	3.330,3	21.788,5	849,5	3.805,0	417,8	4.182,2	1.070,0	5.707,8	37,3	258.465,2	

Tabela 7 – Agrupamento das classes de ocorrência no baixo curso do Rio Piranhas-Assu, RN, por características/funções semelhantes

CLASSE	AGRUPAMENTO
Praia	Areia/Solo exposto
Terras áridas	
Lagoa	Água
Água livre	
Lagoa temporária	Zona úmida
Área alagadiça	
Adutora	Zona construída
Assentamento	
Cidade	
Comunidade	
Termo elétrica	
Mata de Caatinga Arbustiva aberta	Cobertura vegetal
Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada	
Mata de Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta	
Mata de Carnaúba	
Vegetação de dunas	
Manguezal	Atividade agro-industrial
Cultura temporária e permanente	
Cultura temporária	
Pivô de irrigação	
Pastagem	
Produção de camarão marinho	
Poço de extração de petróleo	
Salina: cristalizadora	
Salina: evaporadora	

Ainda, a permanência dentro da classe ou a mudança para outra foi o critério para um novo agrupamento, conforme pode ser visualizado na Tabela 8. Quando não houve mudança de classe foi considerado que as áreas configuravam-se estáveis. Quando as áreas recuperaram sua cobertura vegetal, seja por abandono de atividades agro-industriais ou pelo processo de sucessão ecológica foi considerado como áreas com Progressão da cobertura vegetal. A perda de cobertura vegetal por fatores antrópicos (exceto Zona construída e Atividade agro-industrial) ou naturais foi denominado de Regressão da cobertura vegetal.

Tabela 8 – Agrupamento das classes temáticas do baixo curso do Rio Piranhas-Assu, RN, por estado

ESTADO	CLASSE TEMÁTICA
Estabilidade	Cobertura vegetal - Cobertura vegetal
	Atividade agro-industrial - Atividade agro-industrial
	Zona úmida - Zona úmida
	Água - Água
	Areia/solo exposto - Areia/Solo exposto
	Zona construída - Zona construída
Progressão da cobertura vegetal	Atividade agro-industrial - Cobertura vegetal
	Zona úmida - Cobertura vegetal
	Água - Zona úmida
	Atividade agro-industrial - Zona úmida
	Areia/Solo exposto - Cobertura vegetal
	Areia/Solo exposto - Zona úmida
Regressão da cobertura vegetal	Cobertura vegetal - Zona úmida
	Zona úmida - Atividade agro-industrial
	Zona úmida - Água
	Cobertura vegetal - Água
	Cobertura vegetal - Areia/solo exposto
	Zona úmida - Areia/Solo exposto
Progressão da zona construída	Atividade agro-industrial - Zona construída
	Cobertura vegetal - Zona construída
	Areia/Solo exposto - Zona construída
	Zona úmida - Zona construída
Progressão das atividades agro-industrial	Cobertura vegetal - Atividade agro-industrial
	Água - Atividade agro-industrial
	Areia/Solo exposto - Atividade agro-industrial
Regressão das atividades agro-industrial	Atividade agro-industrial - Água
	Atividade agro-industrial - Areia/Solo exposto
Outras classes	Areia/Solo exposto - Água
	Água - Areia/Solo exposto
Classes pouco prováveis	Zona construída - Areia/solo exposto
	Zona construída - Zona úmida
	Zona construída-Cobertura vegetal
	Zona construída-Atividade agro-industrial
	Zona construída-Água
	Água-Zona construída
	Água-Cobertura vegetal

A conversão do uso do solo para atividades agro-industriais foi considerada como Progressão das Atividades agro-industriais. O processo inverso foi considerado como Regressão das Atividades agro-industriais. A conversão da classe Areia/Solo exposto para Água e vice-versa, foi considerado como outras classes devido a ser este um processo cíclico e natural inerentes às lagoas temporárias. Em classes pouco prováveis foram consideradas as conversões de classes de difícil, senão nula, ocorrência.

Os resultados, em hectare e porcentagem, dos períodos 1988 a 1998, de 1998 a 2001 e de 2001 a 2004, discriminados por classe temática e estados, são apresentados na tabela 9.

Percebe-se um maior percentual de ocorrência de estados de estabilidade para todos os períodos considerados, como pode ser facilmente visualizado na figura 3, sendo de 75,3%, 86,9% e 80,1%, para os períodos 1988-1998, 1998-2001 e 2001-2004, respectivamente. A cobertura vegetal apresentou índices maiores de progressão (11,9%, 5,0% e 7,3%, para os períodos 1988-1998, 1998-2001 e 2001-2004, respectivamente) que de regressão (3,2%, 2,5% e 4,7%, para os períodos 1988-1998, 1998-2001 e 2001-2004, respectivamente) sinalizando um saldo positivo de 1988 a 2004.

Tabela 9 – Área e percentagem dos estados e das classes temáticas, de ocorrência no baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN, no período de 1988 a 2004

Estado	Classe temática	1988 - 1998		1998 - 2001		2001 - 2004	
		Hectare	%	Hectare	%	Hectare	%
Estabilidade	Cobertura vegetal-Cobertura vegetal	116.544,50	45,1	128.762,50	49,8	117.478,50	45,5
	Atividade agro-industrial-Atividade agro-industrial	51.695,75	20,0	62.734,25	24,3	63.134,25	24,4
	Zona úmida-Zona úmida	12.849,75	5,0	16.564,00	6,4	10.579,50	4,1
	Água-Água	9.254,50	3,6	11.730,74	4,5	10.495,74	4,1
	Área solo exposto-Área solo exposto	3.072,75	1,2	3.069,50	1,2	3.245,25	1,3
Progressão da cobertura vegetal	Zona construída-Zona construída	941,50	0,4	1.854,25	0,7	1.993,00	0,8
	Atividade agro-industrial-Cobertura vegetal	20.856,00	8,1	9.754,75	3,8	12.195,75	4,7
	Zona úmida-Cobertura vegetal	6.262,00	2,4	837,00	0,3	4.746,00	1,8
	Água-Zona úmida	1.989,75	0,8	286,50	0,1	1.027,75	0,4
	Atividade agro-industrial-Zona úmida	1.149,00	0,4	1.149,25	0,4	424,75	0,2
Regressão da cobertura vegetal	Área solo exposto-Cobertura vegetal	398,00	0,2	502,00	0,2	249,50	0,1
	Área solo exposto-Zona úmida	158,75	0,1	455,25	0,2	337,50	0,1
	Cobertura vegetal-Zona úmida	2.974,25	1,2	3.078,75	1,2	4.401,00	1,7
	Zona úmida-Atividade agro-industrial	2.548,00	1,0	1.545,00	0,6	2.824,25	1,1
	Zona úmida-Água	1.181,50	0,5	117,00	0,0	2.441,50	0,9
Progressão da zona construída	Cobertura vegetal-Água	724,00	0,3	921,50	0,4	1.345,00	0,5
	Cobertura vegetal-Área solo exposto	676,25	0,3	744,25	0,3	247,50	0,1
	Zona úmida-Área solo exposto	222,00	0,1	25,50	0,0	846,00	0,3
	Atividade agro-industrial-Zona construída	441,75	0,2	161,75	0,1	428,50	0,2
	Cobertura vegetal-Zona construída	429,50	0,2	54,50	0,0	246,50	0,1
Progressão das Atividades agro-industrial	Área solo exposto-Zona construída	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
	Cobertura vegetal-Atividade agro-industrial	19.294,25	7,5	13.438,25	5,2	17.464,75	6,8
	Água/Atividade agro-industrial	575,50	0,2	60,75	0,0	268,25	0,1
	Área solo exposto-Atividade agro-industrial	0,00	0,0	4,00	0,0	4,75	0,0
	Atividade agro-industrial-Água	1.053,24	0,4	180,25	0,1	899,00	0,3
Outras classes	Atividade agro-industrial-Área solo exposto	0,25	0,0	0,00	0,0	2,25	0,0
	Área solo exposto-Água	226,75	0,1	20,50	0,0	11,75	0,0
	Área solo exposto	19,25	0,0	73,75	0,0	204,50	0,1
	Zona construída-Área solo exposto	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
	Zona construída-Zona úmida	4,25	0,0	8,75	0,0	0,00	0,0
Classes pouco prováveis	Zona construída-Cobertura vegetal	30,50	0,0	16,75	0,0	7,00	0,0
	Zona construída-Atividade agro-industrial	123,00	0,0	21,50	0,0	10,00	0,0
	Zona construída-Água	0,00	0,0	0,00	0,0	26,50	0,0
	Água-Zona construída	54,50	0,0	0,00	0,0	0,25	0,0
	Água-Cobertura vegetal	2.714,25	1,1	292,50	0,1	858,25	0,3
Total		258.465,24	100,00	258.465,24	100,00	258.465,24	100,00

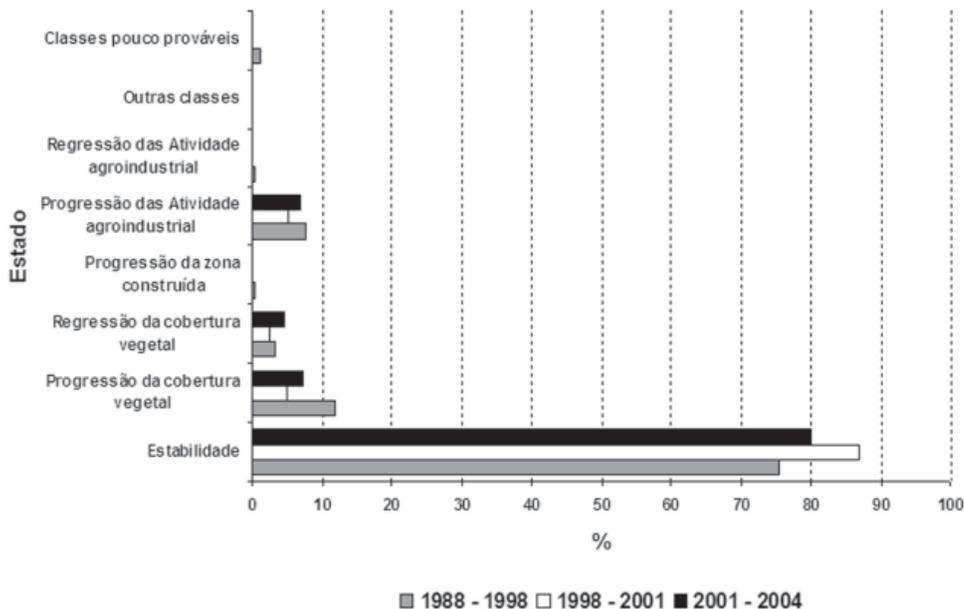


Figura 3 – Estado das classes temáticas do baixo curso do Rio Piranhas-Assu, RN, por período

A progressão de zonas construídas se mostrou pouco expressivo (0,3%, 0,1% e 0,3%, para os períodos 1988-1998, 1998-2001 e 2001-2004, respectivamente), quando comparado aos outros estados, assim como a regressão das atividades agro-industriais (0,4%, 0,1% e 0,1%, para os períodos 1988-1998, 1998-2001 e 2001-2004, respectivamente).

A progressão das atividades agro-industriais, que registrou uma porcentagem de participação de 7,7% para o período de 1988-1998, de 5,2% para o período de 1998-2001 e de 6,9% para o período de 2001-2004, mostrou que a instalação dessas atividades deu-se principalmente em áreas anteriormente com cobertura vegetal.

Considerando-se apenas a estabilidade e a transformação das classes foi elaborada a figura 4, onde pode ser mais bem visualizado que o período de 1999-2001 foi o de maior estabilidade das classes. Isto quer dizer que a dinâmica da paisagem do baixo curso do rio Piranhas-Assu foi menos intensa que nos outros períodos considerados. Neles, a transformação das classes foi mais intensa, destacando-se o período 1988-1998 com o maior valor de transformação (24,8%).

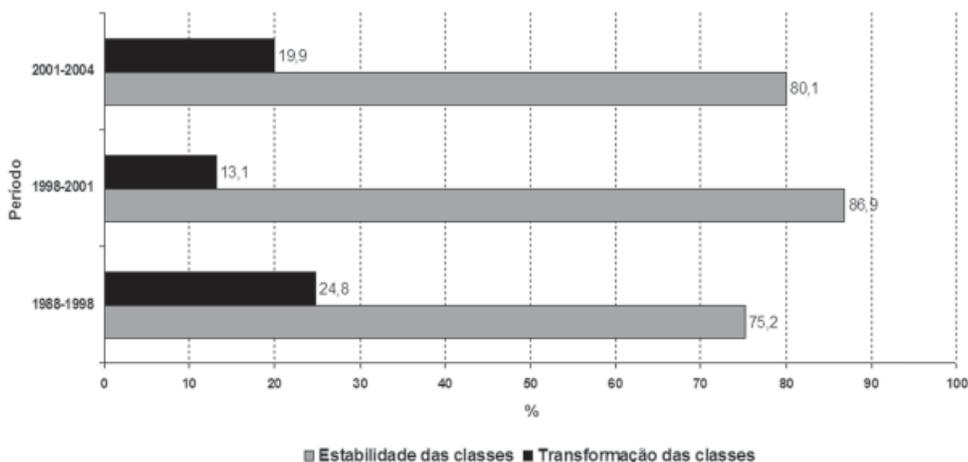


Figura 4 – Estabilidade e transformação das classes de ocorrência no baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN, por período

CONCLUSÕES

O uso do Sensoriamento Remoto, aliado às técnicas de processamento e aos novos sensores, em conjunto com os Sistemas de Informações Geográficas, comprovou ser uma ferramenta eficiente para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção de mudanças geoambientais. As imagens de satélite, depois de trabalhadas e integradas em um ambiente SIG, oferecem possibilidades interessantes de gerarem informações precisas para avaliação e evolução de diversas variações temáticas da superfície terrestre.

Para a interpretação da evolução do uso do solo do baixo curso do rio Piranhas-Assu, RN, a metodologia utilizada para o cruzamento multitemporal verificou ser de grande valor, já que se mostrou capaz de abranger detalhadamente um mosaico geoambiental medianamente complexo, como o observado na área de estudo. É importante salientar essa técnica de cruzamento, pela riqueza e relevância das informações geradas, pois possibilita a obtenção de informações acuradas das mudanças do uso do solo entre períodos, em termos quantitativo e qualitativo da mudança, isto é, onde, quanto e para que classe mudou.

Dos resultados obtidos infere-se que o baixo curso do rio Piranhas-Assu não apresentou uma intensa dinâmica de mudança da paisagem, já que nos períodos considerados a estabilidade das classes mostrou superior às suas transformações. As atividades relacionadas com a agricultura e com a pecuária são as que conduzem, principalmente, a dinâmica da paisagem. A produção de camarão marinho e de petróleo também infere na paisagem, porém em menor proporção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela infraestrutura e por disponibilizar o Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO), ao Projeto PETRORISCO (Rede 05/01) – Monitoramento ambiental de áreas de risco a derrames de petróleo e seus derivados, ao Convênio de intercâmbio CAPES/DAAD/PROBAL nº 150/02 – Variações do nível do mar durante o Holoceno, entre Touros e Areia Branca (RN), Nordeste do Brasil e à CAPES pela bolsa de Doutorado

REFERÊNCIAS

DISPERATI, L. et al. 1998. Mapping land use changes through remote sensing and GIS analysis: the case of Rio Verde of Mato Grosso area in the Pantanal Region (MS, Brasil). In: ICCTA – INTERNATIONAL CONGRESS FOR COMPUTER TECHNOLOGY IN AGRICULTURE, 7, 1998, **Anais...** Florença, 1998.

ER MAPPER. **ER Mapper version 6.0**. West Perth: Earth Resource Mapper Pty Ltd. 1 CD ROM. 1999.

ESRI Inc. **Arc View version 3.2**. California: Environmental System Research Institute Inc. 1 CD ROM. 1998.

IDEMA / CESE. 2004. **Dados Básicos**: IBGE, Censos Demográficos - 1991/2000. Disponível em www.idema.rn.gov.br. Acesso: 03 de outubro de 2006.

GRIGIO A. M. et al. Análise e integração de imagens óticas na caracterização multitemporal do uso e ocupação do solo como apoio para a confecção do mapa de suscetibilidade ambiental do Município de Guimarães-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 1, 2001, Natal. **Anais...** Natal, 2001.

GRIGIO A. M.; AMARO, V. E.; VITAL, H. Análise multitemporal do uso e ocupação do solo do Município de Guimarães-RN, com base em produtos de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBG, 2002. p 93.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guimarães (RN)**: simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. 2003. 222 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

GRIGIO A. M.; AMARO, V. E.; DIODATO, M. A. Análise multitemporal do uso e ocupação do solo, em áreas de atuação da indústria petrolífera, com base em produtos de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica: Município de Guimarães (RN). **Geografia**. Rio Claro, v. 30, n. 1, 177 - 197, 2005.

MESQUITA JUNIOR, H. N. de. **Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga – SP)**. 1998. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia dos Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

PACHECO, A. da P. Aplicação multitemporal de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento à Mata do Zumbi. In: COBRAC 2000 - CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2000, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis, 2000.

PANIZZA, A. de C. **Imagens orbitais, cartas e coremas**: uma proposta metodológica para o estudo da organização e dinâmica espacial, aplicação ao Município de Ubatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo, Brasil. 2004. 302 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004,

Paranhos Filho, A. C. **Análise geo-ambiental multitemporal**: o estudo de caso da região de Coxim e da bacia do Taquarizinho (MS – Brasil). 2000. 213 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

Recebido em outubro de 2007

Revisado em julho de 2008

Aceito em agosto 2008