

## Uso de imagem CBERS no zoneamento geoambiental em bacia hidrográfica do estado da Paraíba, Brasil

Sâmara Rachel Ribeiro da Silva <sup>1</sup>  
Bianca Pedroni de Oliveira <sup>1</sup>  
Iêde de Briyo Chaves <sup>2</sup>  
Eduardo Rodrigues Viana de Lima <sup>3</sup>  
José Jakson Amâncio Alves <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Gestão Territorial Estratégica – GTE/Embrapa Monitoramento por Satélite –  
CNP/EMBRAPA  
Avenida Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, 13070-115, Campinas – SP, Brasil  
{samara, bianca}@cnp.embrapa.br

<sup>2</sup> Universidade Federal da Paraíba - UFPB/CCA/PPGMSA  
iedebchaves@hotmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal da Paraíba – UFPB/PPGG  
eduvianalima@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade Estadual da Paraíba – UEPB/Campus III  
jaksonamancio@uepb.edu.br

**Abstract.** This work aims at generating georeferenced maps of the main landscape elements from the geoenvironmental mapping of the Camará hydrographic basin. The map was generated from the interpretation and digital processing of CBERS images using the SPRING/INPE software with RGB composition of bands 2, 3 and 4, and data obtained from field sampling. The results indicate that the greatest part of the hydrographic basin is composed by Regosols (45%) and Acrisols (36%) associated with Leptosols, Fluvisols, Cambisols, and Luvisols. *Capoeira* brushwood – which is mistaken for pasture by automatic classification due to the fact that it is an abandoned, recovering area historically used for agriculture and pasture – covers an area of almost 38%, whereas 13% of the total area are explored for banana and citrus crops, especially in humid regions. Pangola grass (*Digitaria decumbens* Stent), guinea grass (*Panicum maximum* Jacq. var. *gongyloides* Doell), and napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) dominate pasture areas, and take up 27% of the total area. The geoenvironmental unit that presented high environmental vulnerability was Encosta São Tomé, which comprises 3.5% of the basin, due to the fact that 90% of this area presents a strongly undulate to mountainous landscape, and 80% of its soil is shallow or very shallow, whereas low environmental vulnerability was detected in areas with associations of deeper soils, such as Regosols and Acrisols, which present plain to mildly undulate landscape, which occurred in 5% of the total area.

**Keywords:** classificação, solo, vulnerabilidade ambiental, classification, soil, environmental vulnerability.

## 1. Introdução

No intuito de contribuir com a discussão de propostas de ações para desenvolvimento rural sustentado e para gestão ambiental na bacia hidrográfica Camará, localizada no estado da Paraíba, este trabalho teve como objetivo oferecer um mapa base georreferenciado e atualizado dos principais elementos que constituem a bacia, trazendo melhorias para a representação da rede de drenagem, de estradas, povoações, equipamentos comunitários (escolas, postos de saúde e sede de associações), além de limites municipais e de comunidades rurais; outrossim, com o zoneamento geoambiental pretende-se oferecer uma análise simplificada dos atributos fisiográficos solo, clima, relevo e uso da terra, separando e descrevendo unidades da paisagem, suas potencialidades e limitações, bases para o planejamento conservacionista.

O termo unidade geoambiental foi oficialmente conceituado no Brasil pelo Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, Lei nº 7.661, que regulamenta a Lei de 16 de maio de 1988 e institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC –, o qual diz que “Unidade Geoambiental é a porção do território com elevado grau de similaridade entre as características físicas e bióticas, podendo abranger diversos tipos de ecossistemas com interações funcionais e forte interdependência”.

Segundo Rodriguez (2004), seis fatores geoambientais podem ser considerados na formação da paisagem: geológicos, climatológicos, geomorfológicos, hídricos, edáficos e bióticos. Esses fatores permitem a integração de aspectos espacializados em uma única unidade geoambiental, para constituição de uma célula básica de planejamento. O autor afirma, ainda, que a realização de um zoneamento geoambiental corresponde a um diagnóstico físico-biótico, cujo objetivo é individualizar zonas do terreno com comportamento similar, para orientar as diretrizes de planejamento e possibilitar a elaboração de prognósticos.

Nesse sentido, com base em Duarte (2003) e Freitas et al. (2005) o processamento digital é um recurso viável e indispensável para a utilização de produtos no planejamento de bacias hidrográficas e é bastante adequado para o planejamento ambiental, pois possibilita realizar estudos de monitoramento de áreas com periodicidade constante. Assim, Novo (1988) e Freitas et al. (2005) enfatizam que a relação entre as técnicas de sensoriamento remoto e os indicadores biofísicos pode ser valiosa para estudos de diagnose e monitoramento, principalmente em habitats vulneráveis.

Entre os estudos de análise ambiental, os esforços do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), entidade vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, merece destaque na criação e desenvolvimento do SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) e do SGI (Sistema Geográfico de Informação), com o objetivo de tratamento computacional de dados geográficos, conforme Câmara e Medeiros (1996) e Câmara et al. (1996).

## 2. Metodologia de Trabalho

Foram utilizados neste estudo os procedimentos para o inventário do meio físico propostos por Lepsch et al. (1991) e Ramalho Filho e Beek (1994), que têm como base a fundamentação que norteia a distribuição dos solos na paisagem, ou seja, a separação de ambientes nos quais a interação dos fatores de formação dos solos (rocha, clima, relevo, organismos e tempo) guarda certa semelhança de acordo com Embrapa (1995).

Inicialmente foi criado o projeto no SPRING/INPE, para classificar a imagem CBERS, foi utilizada a composição RGB das bandas 2, 3 e 4, inicialmente com oito temas (corpos d'água, área urbana, mata, capoeira, pastagem, agricultura, nuvem e sombra). Foram

adquiridas 50 amostras da imagem, divididas em sete classes de uso por meio do classificador MAXVER, com limiar de aceitação de 100%.

A partir da característica dos alvos da área de estudo, foram definidas as seguintes categorias de mapeamento: corpos d'água – os riachos, as lagoas e os lagos artificiais (barragens); urbana – as sedes municipais; mata – áreas de mata fechada, mais densa no decorrer da bacia hidrográfica; capoeira – áreas que já foram cultivadas ou utilizadas para pastagem, mas foram abandonadas, formando as matas secundárias ou florestas plantadas, como as florestas de sabiás encontradas em toda extensão das áreas de Agreste da bacia hidrográfica; agricultura – áreas preparadas para o cultivo, sejam as já cobertas com plantações ou as áreas ainda desnudas, em preparo; pastagem – áreas de pasto ou áreas abertas, muitas vezes relacionadas com áreas de várzeas; nuvem e sombra – sem significância, representou apenas 1% da área total.

A checagem em campo foi feita por amostragem, para verificação e descrição. Para a edição final do mapa de uso da terra foi necessária a impressão da imagem classificada, que foi levada ao campo para identificação das áreas com classificação equivocada. Com base nessas informações, foi realizada a edição vetorial do mapa com as alterações pertinentes e necessárias às classes temáticas, que resultou no mapa de uso da terra da bacia hidrográfica Camará.

À medida que foram percorridas as estradas e os caminhos, as observações foram sendo registradas em fichas para a elaboração de relatórios de viagem. Foram anotados 250 pontos de observação dentro da bacia hidrográfica, correspondentes à identificação e registro de estradas, rede de drenagem, sedes de comunidades e fazendas, edificações (escolas, igrejas, postos de saúde, associações), limites de unidades geomorfológicas, de solos e de vegetação.

Com base na metodologia aplicada pelo Governo Estado da Paraíba (1978), as observações e conclusões decorrentes do trabalho em campo, foram lançadas na carta pré-existente. Concluída tal etapa, foi utilizado o método de extrapolação, fundamentado nas correlações entre relevo, vegetação, uso da terra, hidrografia, etc. O produto final, é um mapa de solos na escala de 1:85.000. Na subdivisão das classes e classificação dos solos foram adotados os mesmos critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, de acordo com a Embrapa (1999).

Segundo Tricart (1977) as unidades de paisagem foram separadas utilizando-se dos parâmetros propostos por uma visão geossistêmica, onde utilizou-se a observação e descrição do tipo de uso da terra, de solo e de relevo, este último utilizado com cinco classes de descrição (relevo plano, suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado a montanhoso).

Para avaliar a vulnerabilidade das unidades geoambientais mapeadas na bacia hidrográfica, foram utilizados os atributos da terra apresentados na Tabela 1, aos quais foram designados valores (índices numéricos) para expressar as características das terras determinantes da suscetibilidade de degradação, tais como: declive; profundidade efetiva; intensidade do uso da terra; e densidade populacional, expressa pela distribuição do tamanho das propriedades rurais.

Tabela 1. Fatores utilizados no Índice de Vulnerabilidade Ambiental – IVA.

Valor	IRE (Índice de relevo)	ISO (Índice de solo)	IUT (Índice de uso da terra)	IDP (Índice de densidade populacional)
1	Plano (0-3%)	Muito profundo (> 2 m)	Mata	Muito baixa (> 50 ha)
2	Suave ondulado (3-8%)	Profundo (1 a 2 m)	Capoeira ou culturas perenes	Baixa (<50 ha)
4	Ondulado (8-20%)	Moderado (0,5 a 1 m)	Pastagens	Moderada (<10 ha)
8	Forte ondulado (20-45%)	Raso (0,25 a 0,5 m)	Culturas anuais	Densa (<5 ha)
16	Montanhoso (45-75%)	Muito raso (< 0,25 m)	Sem utilização	Muito densa (<2,5 ha)

Uma ponderação para estabelecer o índice representativo para cada um dos atributos da unidade geoambiental foi feita de acordo com a distribuição percentual de ocorrência das classes para os diferentes atributos da terra. A soma desses índices ponderados representa o índice de vulnerabilidade ambiental. Considerar os índices atribuídos às características dos diferentes fatores possibilitou estabelecer as seguintes classes de vulnerabilidade ambiental: muito baixa (04-06); baixa (07-12); média baixa (13-16); média (17-20); média alta (21-24); alta (25-40); e muito alta (41-64).

### 3. Resultados e Discussão

Com base no trabalho de campo e com o auxílio dos pontos georreferenciados em toda a extensão da bacia em estudo, foi possível atualizar os dados do mapa base de Solos, conforme publicação do Governo Estado da Paraíba (1978), o qual tinha apenas quatro associações. Essa atualização serviu para a confecção de um mapa de solos com dezenove unidades de mapeamento, com predominância dos Argissolos e Neossolos Regolíticos (Figura 1).

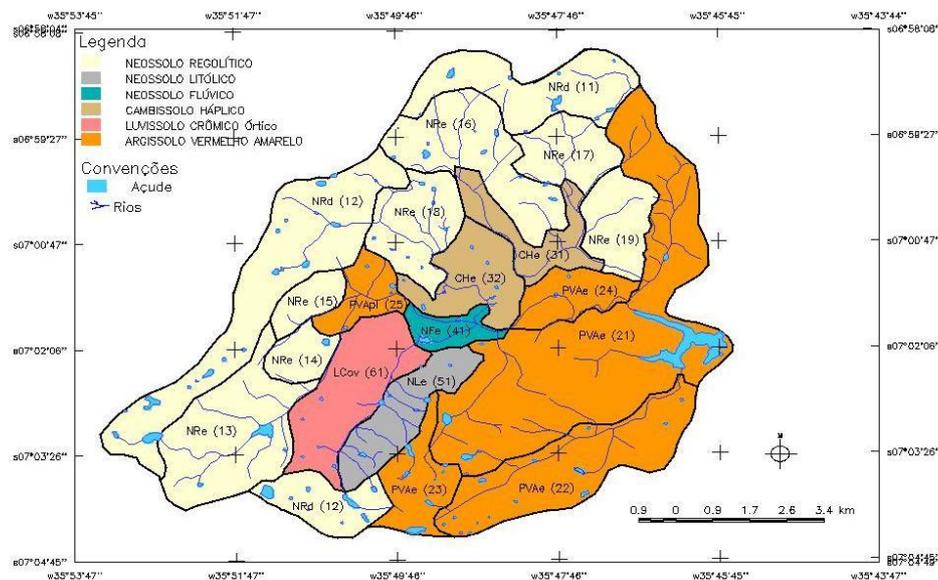


Figura 1. Mapa de solos da bacia hidrográfica do açude Camará, PB.

Aproximadamente 104 km<sup>2</sup> da área total da bacia em estudo são utilizados predominantemente para fruticultura e culturas anuais nas associações em que predominam os

Argissolos (36%) e os Neossolos Regolíticos (45%), respectivamente. No restante da área, aparecem predominantemente as associações de Neossolos Litólicos (4%), Neossolos Flúvicos (2%) (Aluvionais), Cambissolos (7%) e Luvisolos (6%).

A Figura 1 mostra que há uma ocorrência predominante dos Neossolos Regolíticos associados ora com Neossolo Litólico, Luvisolo Crômico Órtico vértico, Cambissolo ou mesmo Argissolo Vermelho-Amarelo, sempre com horizonte superficial A fraco. Esses solos são, em geral, profundos, pouco desenvolvidos e muito arenosos, apresentam sequência de horizontes A-C-R com transições difusas ou graduais, aparecem geralmente em relevo suave ondulado, relacionado com os níveis mais altos da bacia, com altitudes que variam de 550 a 600 m. A região fitogeográfica da área de predomínio desses solos é constituída por floresta subcaducifólia e caducifólia nas áreas mais altas de topo e no desnível do terreno em 50 m, respectivamente.

A textura arenosa, porosidade e a lixiviação rápida a muito rápida provocam algumas limitações, como a deficiência de água e a baixa fertilidade natural. Porém, apesar da carência de água, essas limitações são minimizadas com a adubação orgânica. Brasil (1972) acrescenta também a necessidade da adubação fosfatada com vistas ao aumento da produtividade, principalmente em plantas de curto ciclo vegetativo com o feijão e o milho, bastante cultivados nesses solos.

Ocorre na área a predominância de Argissolo Vermelho-Amarelo, cujas características gerais são as argilas de atividade baixa e o horizonte B textural que, de acordo com Embrapa (1999), encontram-se na coloração matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5 YR na parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA. Apresentam-se com profundidade efetiva moderada (1 m), de forte a imperfeitamente drenados; em geral, são solos profundos devido principalmente ao horizonte A moderado ou A proeminente, com bom desenvolvimento de culturas como o citrus e a banana.

Segundo a Figura 2, as áreas urbanas correspondem a uma área de 1,9% da bacia em estudo, e aparecem em maior proporção na Ugea Esperança, localização da sede do município. Essa classe observada também em pequenas áreas próximas aos corpos d'água, que, na classificação automática, só apareceu representando 1% da área total. Porém, essa realidade não é constatada no mapa de rede de drenagem, onde foram observados diversos corpos d'água.

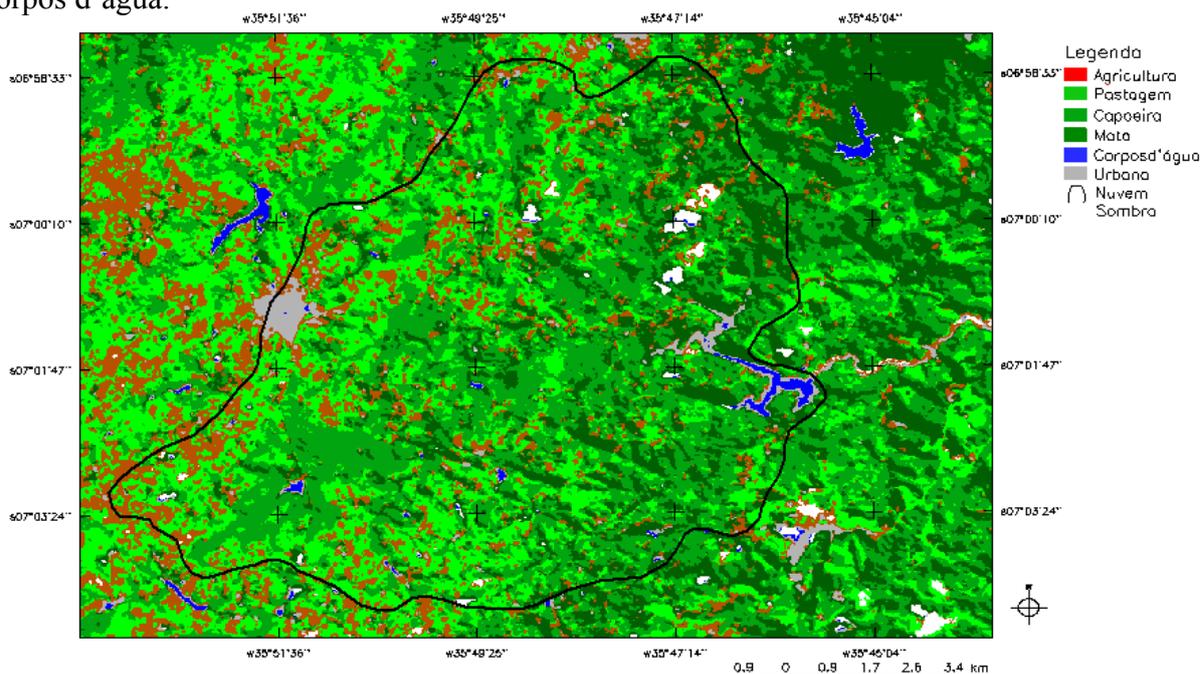


Figura 2. Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do açude Camará, PB.

A agricultura representa 12,6% da bacia (Figura 2). Na região úmida, a exploração frutícola, principalmente as culturas de banana e de citrus, é atividade de progresso crescente na região da bacia hidrográfica Camará. Com a redução das precipitações, as culturas de subsistência (milho, feijão, mandioca, batata etc.) constituem a atividade dominante na área da bacia, o que torna necessárias práticas de conservação de solo para manter sua sustentabilidade.

Conforme a Figura 2, a atividade pecuária também aparece como uma importante fonte de renda para os pequenos agricultores e pecuaristas da região, e representa 26,2% da área da bacia. Utilizada ao longo de toda a bacia, a prática de criação de gado caprino e/ou bovino, com predominância deste último, que necessita de grandes áreas para o pastejo, provoca compactação do solo e sua consequente inutilização para outras práticas. Observa-se que o capim pangola (*Digitaria decumbens* Stent.), o sempre-verde (*Panicum maximum* Jacq. var. *gongyloides* Doell) e o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) dominam as áreas de pastagem da bacia.

A capoeira é uma outra classe bastante encontrada na área da bacia hidrográfica, e aparece em 37,6% da área, confundindo-se, em alguns momentos, com a pastagem. Essa situação ocorre principalmente no tratamento automático da imagem, provavelmente por serem áreas abandonadas, anteriormente utilizadas para a agricultura e posteriormente para pastagem.

Com a intenção de atender às necessidades locais de planejamento, a área da bacia hidrográfica da barragem Camará foi subdividida de acordo com as formas de relevo, uso da terra (sistemas de produção) e tipo de solo, os quais formam as unidades geoambientais. O mapeamento de uso da terra realizado na classificação digital da imagem foi um apoio de campo bastante importante na divisão dessas unidades de paisagem.

Na área da bacia hidrográfica Camará, foram identificadas 19 unidades geoambientais (Ugeas), com área total de aproximadamente 104 km<sup>2</sup>. Observa-se que a unidade do Topo de Esperança apresenta-se com a maior área, 1.278,1 ha, enquanto a menor área mapeada foi a unidade de paisagem Lagoa Verde, com 170,4 ha (Figura 3).

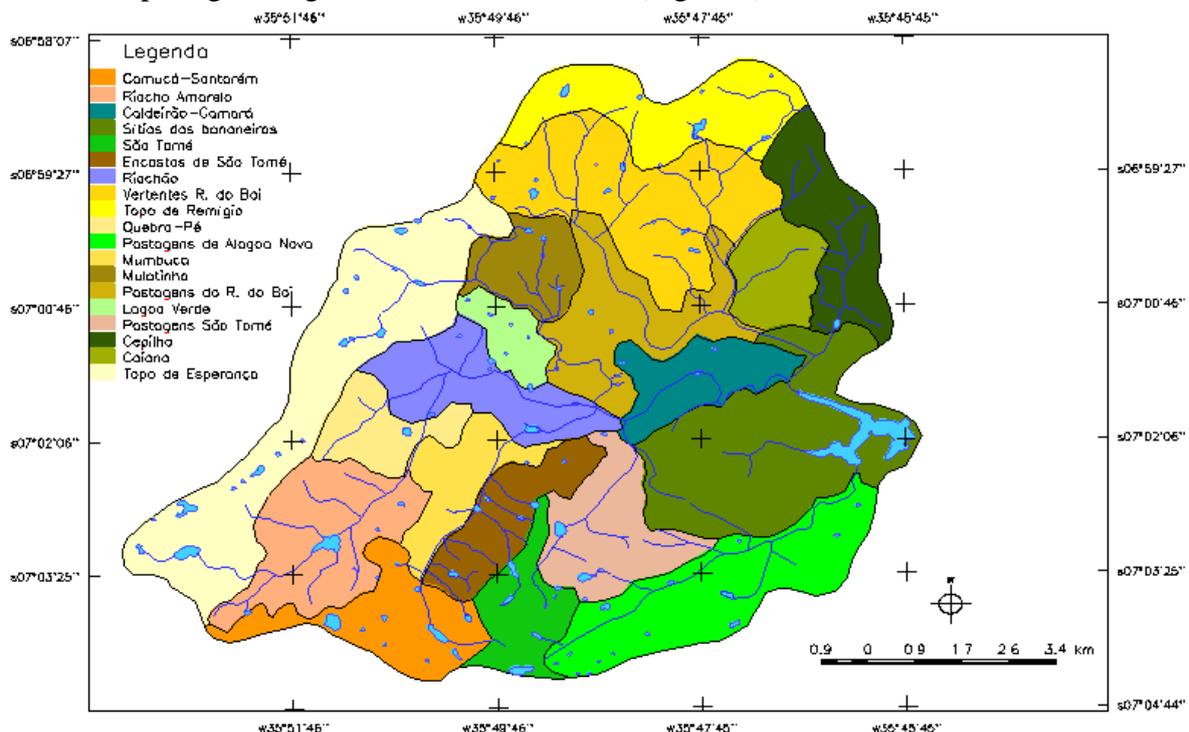


Figura 3. Mapa de unidades geoambientais da bacia hidrográfica do açude Camará, PB.

Na Figura 3, observou-se que a Ugea Encosta São Tomé, que abrange 3,5% da bacia, apresentou uma vulnerabilidade alta de acordo com a classe de IVA, fato provavelmente devido a 90% da área apresentar relevo de forte ondulado a montanhoso e a 80% do solo ser de raso a muito raso, analisadas as características das associações de solos presentes nesta Ugea.

As Ugeas Cepilho, Vertentes de Remígio e Mumbuca representam juntas as áreas com índice de vulnerabilidade ambiental média alta, ou seja, 16,6% da bacia. Esse índice é determinado principalmente devido ao relevo e solo, característicos dessas unidades.

Nota-se que esses fatores naturais determinam a maior ou menor vulnerabilidade da área, enquanto os fatores antrópicos – uso da terra e densidade populacional – não apresentaram significância para a análise de vulnerabilidade nesta bacia hidrográfica. Porém, é imprescindível citar a ausência de técnicas de conservação: os moradores cultivam morro abaixo, prática que só agrava a erosão, aumentando assoreamento dos afluentes dos rios.

A vulnerabilidade ambiental média ocorre em 30,6%, a média baixa em 44,6% e a baixa em 4,7% da área total da bacia hidrográfica em estudo, provavelmente devido aos solos profundos dos Regossolos de relevo suave ondulado e aos Argissolos que apresentam profundidade efetiva, que variam de moderado a profundo devido ao A moderado e ao A proeminente, embora esses solos ocorram em locais de relevo de ondulado a forte ondulado na área mais úmida da bacia.

#### 4. Conclusões

A base de dados georreferenciada e as informações temáticas obtidas neste trabalho foram uma contribuição efetiva para a articulação de propostas de ações para o desenvolvimento sustentado e preservação dos recursos naturais. Apesar da precisão observada na matriz de confundimento para a obtenção do mapa de uso da terra, observou-se que a determinação das classes de uso não correspondeu, em parte, à realidade terrestre, diante da dificuldade de fazer a separação entre as áreas agrícolas em pousio e as pastagens, capoeiras de mata ou culturas permanentes. Com base na interpretação da imagem, observou-se que as classes de uso mais representativas da bacia hidrográfica foram mata e capoeira, com 57,4% da área; pastagem com 26,2%; e agricultura, com 12,6%. Considerado isoladamente, esse fato demonstra uma razoável proteção pelo recobrimento vegetal. Nas unidades geoambientais identificadas, a agricultura é predominante em Topo de Esperança, Topo de Remígio, Camucá-Santarém, Mulatinha e Lagoa Verde, áreas em que predominam os Regossolos e o relevo suave ondulado. As áreas de fruticultura, embora não mapeadas, predominam em área úmidas de relevo de ondulado a forte ondulado. As unidades geoambientais que apresentaram maior vulnerabilidade foram as Ugeas Encosta São Tomé, devido à forte declividade e aos solos rasos; Mumbuca, devido a solos rasos e ao uso agrícola; e Vertente Remígio, devido à declividade, aos solos rasos e à densidade populacional.

#### Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: Convênio de Mapeamento de Solos MA / EPE / SUDENE / DRN / CONTAP / USAID / BRASIL, 1972. 650p.

Câmara, G.; Medeiros, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1996. 39 p. (Relatório do INPE).

Câmara, G., Souza, R. C. M., Freitas, U. M., Garrido, J. **SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, v. 20: n.3, p. 395-403, 1996.**

Duarte, S. M. A. Diagnóstico ambiental e planejamento da microbacia hidrográfica Timbaúba no Brejo Paraibano, através de técnicas de fotointerpretação e sistema de informações geográficas. 2003. Dissertação (Mestrado do Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, PPGMSA) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2003.

Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba: anexo de pedologia.** João Pessoa: UFPB/ELC/CEPA; Pernambuco: FUNAPE; 1978. v. 1. Não paginado.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Procedimentos normativos de levantamento pedológicos.** Brasília: Embrapa-SPI, 1995. 101 p.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412 p.

Freitas, S. R.; Mello, M. C. S.; CRUZ, C. B. M. Relações entre maturidade estrutural da floresta e índices de vegetação na Mata Atlântica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1537-1544. CD-ROM.

Lepsch, I. F.; Bellinazzi Jr. R.; Bertolini, D.; Espindola, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4ª aproximação. 2. ed. rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

Novo, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 308 p.

Ramalho Filho, A.; Beek, K. J. **Sistema de Avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3ª ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.

Rodriguez, J. M. M.; Silva, E. V.; Cavalcanti, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará UFC, 2004. 222 p.

Tricart, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica; SUPREN, 1977. 91 p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1).