

Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na proposta de um mapa de ordenamento territorial do Município de Paragominas (Estado do Pará)

Alessandro Ferraz Palmeira^{1,2}
Edison Crepani²
José Simeão de Medeiros²

¹Fundação Aplicações de Tecnologias Críticas - ATECH
Av. Rio Mar, 183, 3º Andar, Nsa. Sra. das Graças / Manaus - AM / CEP: 69053-180
aferraz@atech.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Av. dos Astronautas, 1.758 - Jd. Granja / São José dos Campos – SP / CEP 12227-010
crepani@ltd.inpe.br
simeão@dpi.inpe.br

Abstract – The types of land user (cattle ranching, agriculture, mineral extraction and logging) adapted in the Amazon region have caused deforestation and, many times, the environmental degradation. The objective of this work is understanding the relationship of environment components (geology, geomorphology, soil, climate) with the land cover and land user, so that areas would be reoccupy and other would be destined to the sustainable user means the adoption of practical of conservation.

Palavras-chave: remote sensing, geoprocessing, territory order, sensoriamento remoto, geoprocessamento, ordenamento territorial.

1. Introdução

A ocupação da Amazônia Oriental, feita por pecuaristas, agricultores e principalmente madeireiros tem causado no decorrer dos anos o desmatamento e a degradação do solo e da biodiversidade da região (Almeida & Uhl 1998; Nepstad *et al.* 1999).

Com o intuito de amenizar o impacto destas atividades, diversas instituições têm buscado estabelecer modelos de ocupação e desenvolvimento regional. Um exemplo seria a metodologia que estabelece o grau de vulnerabilidade das paisagens à perda de solo, que tem como objetivo subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e o Ordenamento Territorial. Esta metodologia, disponível em Crepani et al (1996), foi desenvolvida através de um convênio entre a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para aplicação nos estados que compõem a Amazônia Legal, utilizando as imagens orbitais em Sistemas de Informações Geográficas.

Com base na metodologia descrita em Crepani et al (1996), este trabalho tem como objetivo estudar de forma integrada os diversos componentes ambientais (geologia, geomorfologia, pedologia, clima, vegetação e uso da terra) do município de Paragominas (Estado do Pará), de modo a indicar áreas potenciais à recuperação, preservação e uso. Este procedimento visa orientar um melhor planejamento estratégico para o município, utilizando os dados de Sensoriamento Remoto e técnicas de Geoprocessamento.

2. Área de estudo

A área estudada corresponde ao Município de Paragominas (Estado do Pará), localizada entre os meridianos 2º 25' e 3º 48' de latitudes sul e 46º 25' e 48º 53' de longitude oeste a 310 Km

de Belém (**Figura 1**), sendo recoberta por três cenas do satélite TM/Landsat (Órbita/ponto: 222/62, 223/62 e 223/63).

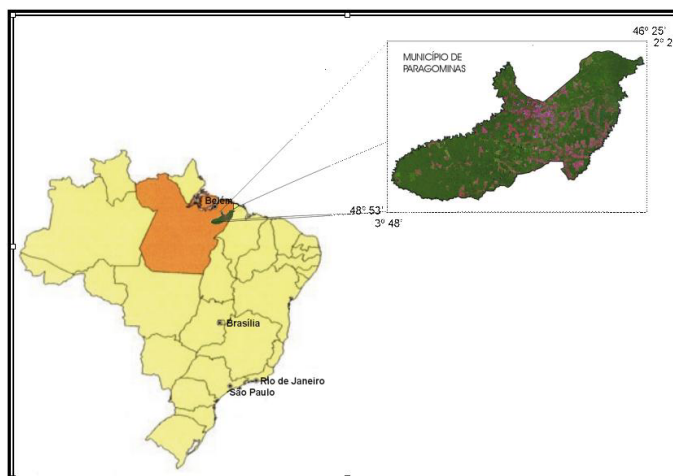


Figura 1: Localização da área de estudo

Geologicamente o município encontra-se sobre rochas sedimentares do Cretáceo e Terciário, que ocupam grande parte da área com as formações Itapecuru e Ipixuna, recobrindo os gnaisses, granitos, anfíbolitos e pegmatitos do Pré-Cambriano Indiviso e os sedimentos metamorfisados do Grupo Gurupi.

A região possui pouca variação altimétrica, com relevo constituído por tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas e áreas fortemente dissecadas. Morfoestruturalmente a região faz parte da unidade convencionalmente chamada de Planalto Sul do Pará/Maranhão (Projeto RADAMBRASIL, 1973).

O solo é composto por variações de latossolos amarelos e latossolos amarelos em associação com argissolos, além de plintossolos e gleissolos, originados das rochas sedimentares do Terciário e Quaternário (EMBRAPA, 2002).

A vegetação natural da região corresponde a densas florestas equatoriais subperenifólias submontana, florestas equatoriais subperenifólias densas de terras baixas, florestas equatoriais perenifólias densas aluviais e áreas extensas cobertas por mata secundária em regeneração.

O clima é mesotérmico úmido, com temperatura média anual em torno dos 26°C e com regime pluviométrico entre 2.250 mm e 2.500 mm/anuais.

3. Materiais e métodos

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram: os *softwares* SPRING 4.0 e ERDAS IMAGINE 8.5; mapas de geologia, geomorfologia, solos e cartas topográficas executados pelos órgãos competentes (CPRM, RADAMBRASIL, EMBRAPA e IBGE); dados climatológicos divulgados pela ANEEL (2000) e imagens do satélite TM/Landsat disponibilizadas pelo INPE (Órbita./Ponto: 222/62, 223/62 e 223/63).

A metodologia adotada para a geração do mapa de vulnerabilidade à perda de solo foi a sugerida por Crepani *et al.* (2001), e para a geração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal utilizou-se o modelo linear de mistura espectral, descrito em Shimabukuro e Smith (1991).

Primeiramente, foi montado um banco de dados georreferenciado no *software* SPRING (**Figura 2**) no qual foram inseridos os dados de entrada. Em seguida foi aplicada uma correção geométrica, nas imagens tendo como referência para o registro as cartas topográficas da área.

Com o objetivo de aumentar a consistência entre os mapas utilizados e ajustar da escala de origem para a escala de trabalho, foi efetuada a reinterpretação dos mapas preexistentes (geologia, solos e geomorfologia), usando como “âncora” as imagens de satélite TM/Landsat, através da função de edição vetorial disponível no *software* SPRING.

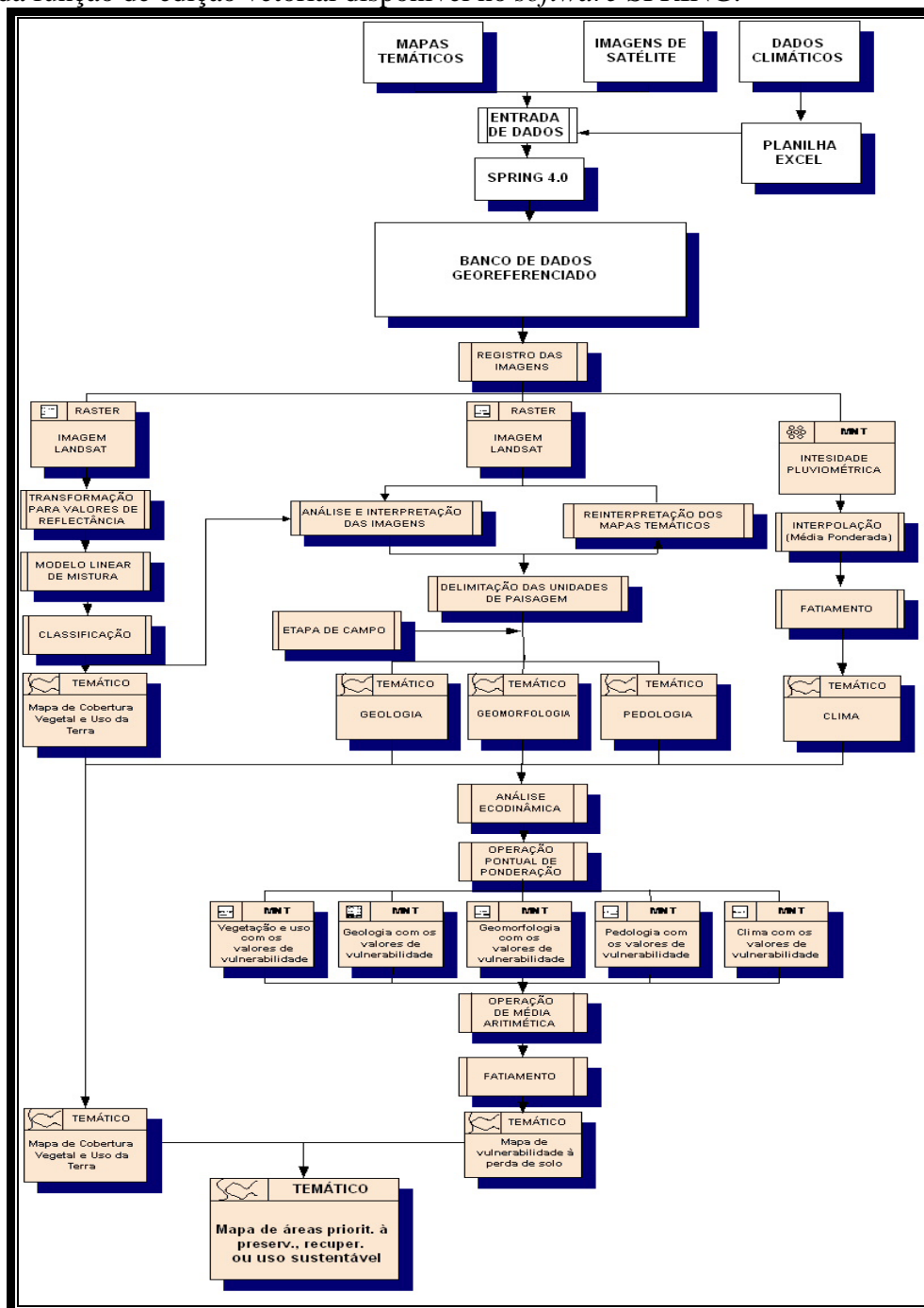


Figura 2: Modelo esquemático Geo-OMT

Para a geração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal utilizou-se o *software* SPRING aplicando sobre a imagem TM/Landsat uma transformação de número digital para valores de reflectância. Em seguida foi aplicado o modelo linear de mistura espectral que gerou três imagens-fração ou imagens-proporção: solo, vegetação e sombra. Estas imagens foram classificadas utilizando o classificador ISODATA, implementado no *software* ERDAS IMAGINE 8.5. Foi extraído de cada componente as classes melhor identificadas pelo

classificador para a geração de uma única imagem contendo todas as classes. Posteriormente fez-se uma edição matricial no *software* SPRING com o objetivo de corrigir os eventuais erros gerados pelo classificador, tendo como base os mapas pré-existentes da área (Watrin e Rocha, 1992) e dados de campo.

Os dados de precipitação, obtidos junto a ANEEL (2000), foram transformados em intensidade pluviométrica e espacializados a partir de uma grade numérica gerada no SPRING.

Seguindo a metodologia descrita em Crepani et. al. (2001), foram atribuídos valores de vulnerabilidade (relativos e empíricos) aos processos de perda de solos a cada tema analisado (geologia, geomorfologia, solos, uso e cobertura vegetal e clima).

Tais valores consideram os processos que influenciam no desenvolvimento da pedogênese e/ou morfogênese, convencionados nas seguintes classes: estável, moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável. Estes valores variam de 1 a 3 e representam o comportamento esperado para cada tema frente aos processos naturais da *denudação*.

Com os valores previamente atribuídos a cada tema, chegou-se ao mapa final de vulnerabilidade através de uma média aritmética entre os valores definidos conforme a equação (1).

$$\text{Vulnerabilidade} = \frac{(\text{Ge} + \text{G} + \text{S} + \text{Vu} + \text{C})}{5} \quad (1)$$

onde: “Ge” representa os valores atribuídos ao tema Geologia; “G” valores atribuídos à Geomorfologia; “S” valores atribuídos à Pedologia; “Vu” valores atribuídos ao uso da terra e cobertura vegetal e C os valores atribuídos ao clima (Palmeira et al. 2003).

De posse do mapa de vulnerabilidade à perda de solo e do mapa de cobertura vegetal e uso da terra da área estudada, foi possível por meio da combinação de ambos, a geração de um mapa que indica as áreas prioritárias à preservação, recuperação ou uso sustentável.

4. Resultados e discussões

A reinterpretação dos mapas pré-existentes utilizando as imagens de satélite como “âncora”, permitiu ampliar a informação dos mapas para a escala de trabalho (1: 100.000), detalhando as informações de cada unidade de paisagem para que pudesse ser atribuído os valores de vulnerabilidade a perda de solo de cada tema, definidos em Crepani et. al. (2001) (**Figura 3**).

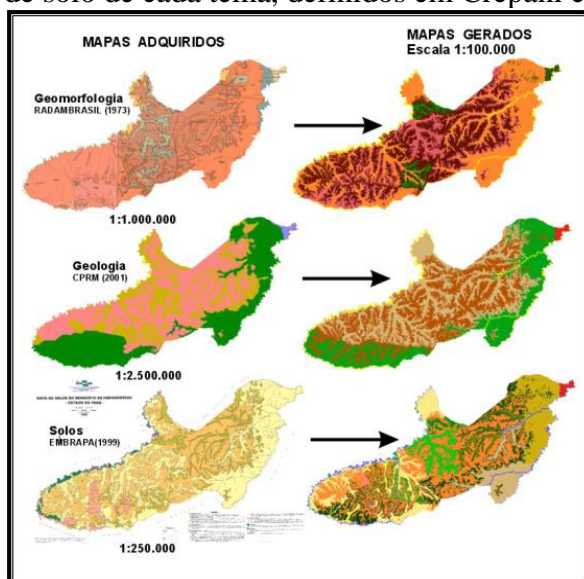


Figura 3: Mapas adquiridos e mapas gerados

A classificação das imagens-fração obtidas a partir do modelo linear de mistura espectral apresentou melhores resultados que a classificação das bandas 3, 4 e 5 originais. Este resultado foi obtido pelo fato das feições dos principais tipos de uso e cobertura vegetal ficarem mais realçadas que nas bandas originais. Por este motivo o trabalho do classificador utilizado (ISODATA) foi facilitado, gerando menos inconsistências na distinção das feições de interesse. Desta forma foi possível gerar um mapa de uso de terra e cobertura vegetal contendo 11 classes temáticas (Agricultura, Área Urbana, Campo de Várzea, Floresta de Várzea, Floresta Primária, Hidrografia, Nuvem, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Reflorestamento e Sucessão Secundária) (**Figura 4**).

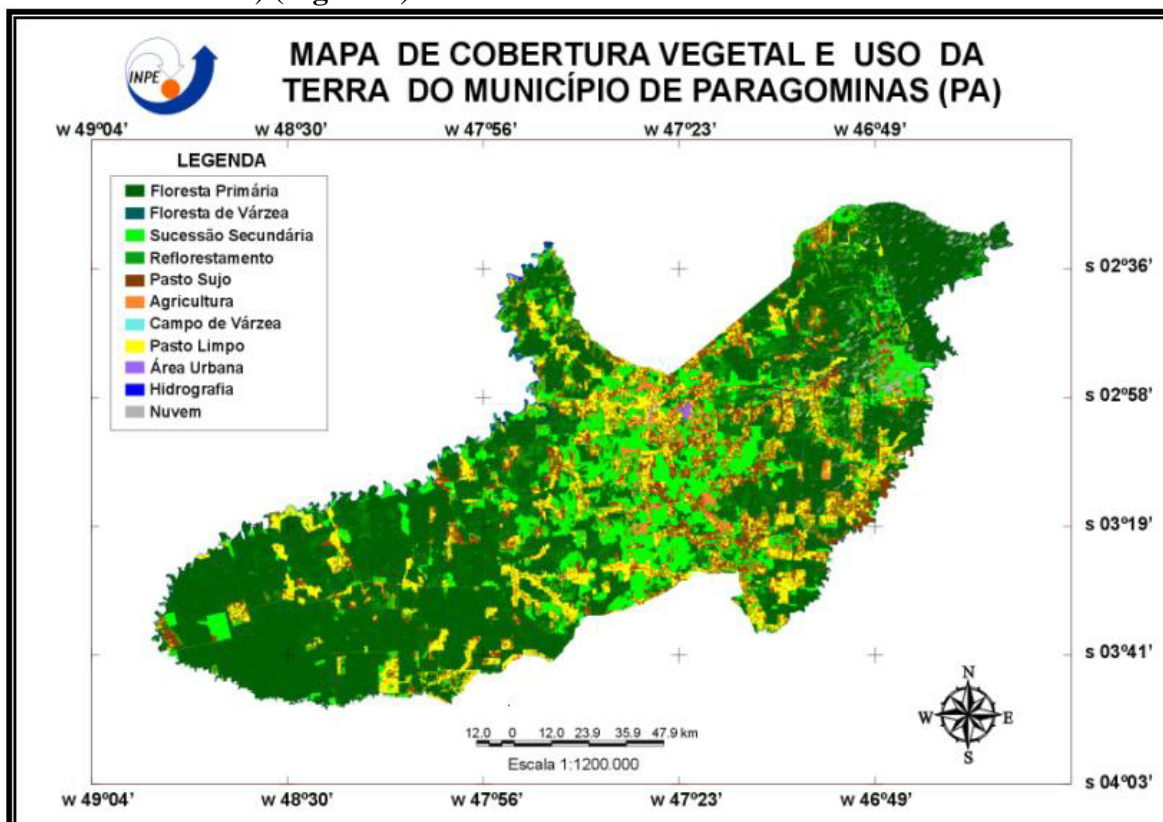


Figura 4: Mapa de Cobertura vegetal e uso da terra do Município de Paragominas

A partir dos mapas gerados pela reinterpretação (geologia, geomorfologia e solos) e dos mapas construídos (cobertura vegetal e uso da terra, intensidade pluviométrica) foi analisado a vulnerabilidade à perda de solo das unidades de paisagem de cada tema, atribuindo valores de vulnerabilidade/estabilidade de acordo com os valores sugeridos por Crepani et. al. (2001).

Observando o mapa final de vulnerabilidade a perda de solo para o Município de Paragominas vê-se que (**Figura 5**) (Palmeira, et al. 2003):

- Não foi observado, segundo a metodologia adotada, áreas consideradas totalmente estáveis;
- As áreas mais vulneráveis à perda de solo estão localizadas sobre áreas com maior grau de dissecação, com solos mais jovens e sofrendo uma grande influência do tipo de uso praticado no local; e
- As áreas menos vulneráveis estão sobre os platôs e áreas aplainadas, com solos mais maduros.

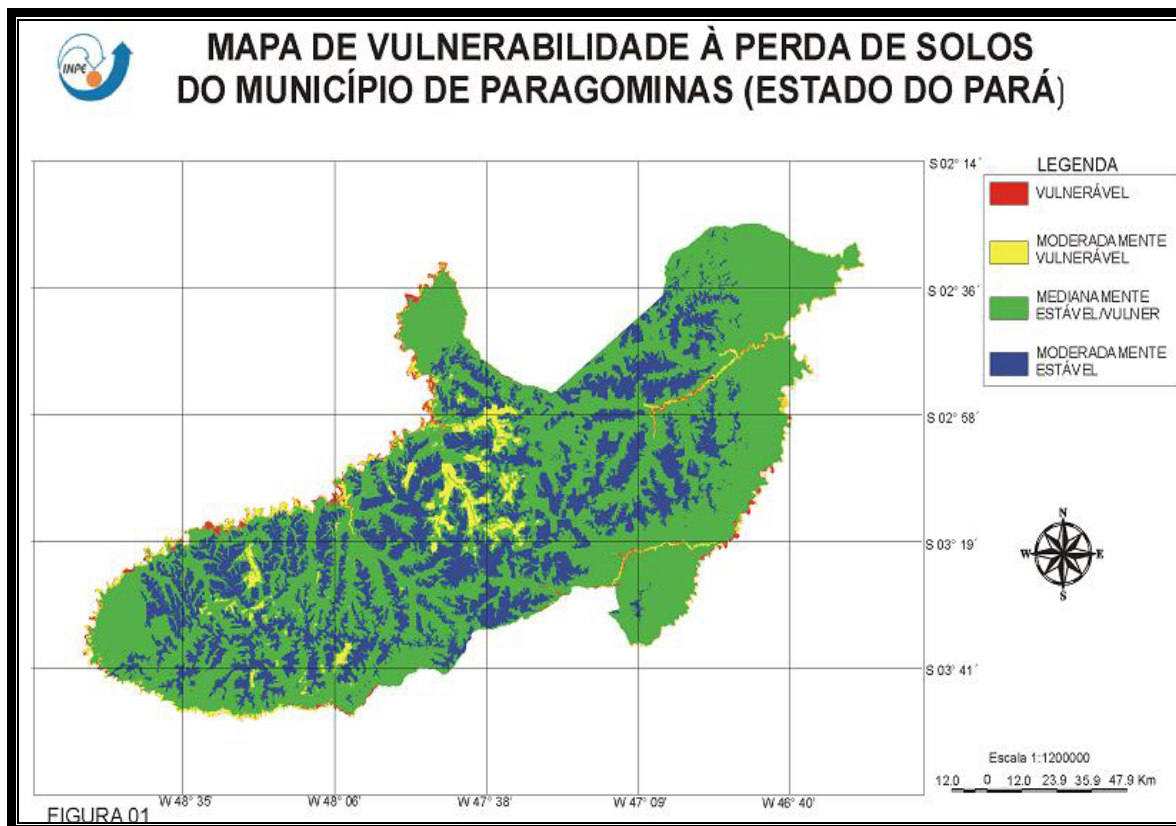


Figura 5: Mapa de Vulnerabilidade a Perda de Solo do Município de Paragominas (Palmeira et al., 2003).

A geração do Mapa de Áreas Prioritárias para Preservação, Recuperação ou Uso Sustentável, resultante da combinação do mapa de Vulnerabilidade à Perda de Solo e do Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra, permitiu mostrar a vulnerabilidade à perda de solo de cada classe de cobertura vegetal e uso da terra (**Figura 6**). Desta forma, o mapa mostra que:

- 2,73% são áreas **prioritárias para preservação**. Estas áreas apresentam vulnerabilidade mais alta (vulneráveis a moderadamente vulneráveis) e ainda não foram ocupadas por atividades de uso da terra, ou apresentam estágios avançados de sucessão secundária ou reflorestamento;
- 3,87% do município são **áreas prioritárias para recuperação**. São aquelas que apresentam vulnerabilidade mais alta (vulneráveis a moderadamente vulneráveis) e são ocupadas por alguma forma de uso da terra;
- 20,37% são áreas de **terceira prioridade para recuperação**, pois são medianamente estáveis/vulneráveis ocupadas por diferentes tipos de uso da terra e que devem ter prioridade para práticas conservacionistas.
- 39,03% do município são **área de uso com controle rigoroso**, pois correspondem a áreas medianamente estáveis/vulneráveis que apresentam cobertura vegetal primária e estão sendo exploradas via corte seletivo (necessidade de um controle rigoroso de manejo);
- 8,00% da área do município são consideradas **áreas de uso monitorado**, pois se apresentam como sendo estáveis, cobertas por sucessão secundária e que poderiam ser utilizadas para ampliação de fronteira agrícola, desde que se obedecem as práticas conservacionistas;

- 20,30% são consideradas **áreas de exploração planejada**, pois correspondem a áreas moderadamente estáveis, cobertas por floresta primária e podem ser exploradas, desde que haja a prática correta de manejo florestal;
- 4,98% são áreas do município que estão dentro de **Terras Indígenas**, portanto estão sujeitas ao regime de preservação permanente (§ 2º do art. 3º da Lei Nº 4771 de 15 de setembro de 1965); e
- 0,72% da área do município estava coberta por **nuvens** na imagem utilizada na classificação.

5. Conclusão

Os resultados alcançados neste trabalho mostraram que as tecnologias de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento despontam com muita eficiência no planejamento do uso da terra e ordenamento territorial. A metodologia aqui adotada possibilitou a compreensão dos processos atuantes na formação da paisagem, do mesmo modo favoreceu o entendimento dos processos que atuam na degradação dos solos.

O mapa de Áreas Prioritárias para Preservação, Recuperação ou Uso Sustentado permite orientar a ocupação do território municipal. Este mapa indica as áreas que precisam ser preservadas, as áreas que devem ser recuperadas e as áreas que podem ser prioritariamente destinadas ao uso, em resposta à pressão da sojicultura já atuante no município.

Referências Bibliográficas

- Almeida de, O. T.; Uhl, C. 1998. Planejamento do Uso do Solo do Município de Paragominas Utilizando Dados Econômicos e Ecológicos – **Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON. Nº 9.**
- ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica.** Dados pluviométricos de postos situados no Estado do Pará [online]. 2000. <www.aneel.gov.br>. Visitado em 13 janeiro 2003.
- Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Azevedo, L.G.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T.G.; Duarte, V.; Curso de sensoriamento remoto aplicados ao zoneamento ecológico-econômico [CD-ROM]. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8 Salvador, 1996. Anais. São Paulo: Image Multimídia, 1996. Seção de Comunicações Técnico-Científica
- Crepani, E.; Medeiros, J. S. de; Hernandez, P.; Florenzano, T.G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. 2001. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento territorial. São José dos Campos. **SAE/INPE.** (INPE-8454-RPQ/722).
- EMBRAPA **Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental.** Caracterização e avaliação da potencialidade dos solos do Município de Paragominas-Estado do Pará. Belém-Pará 2002.
- ERDAS, Inc. **Software ERDAS IMAGINE 8.5.** Atlanta, Georgia, 2001.
- Nepstad, D. C.; Veríssimo, A.; Alencar, A., Nobre, C. A.; Lima, E., Lefebvre, P., Schelesinger, P., Potter, C. Moutinho, P. R. S., Mendonza, E., Cochrane, M.; Brooks, V., 1999. **Larga-scale impoverishment os Amazonian forests by logging and fire.** Nature 398, 505-508.
- Palmeira, A. F., Crepani, E., Medeiros, J.S. de, Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para geração do mapa de vulnerabilidade à perda de solos para o município de Paragominas (Estado do Pará). In: **VIII Simpósio de Geologia da Amazônia (VIII SGA)**, CDROM 2003, Manaus.
- PROJETO RADAMBRASIL. Folhas SA.23/24. São Luiz/Fortaleza, Rio de Janeiro, RJ, 1973.
- Shimabukuro, Y. E., and Smith, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 29, 16-220, 1991.

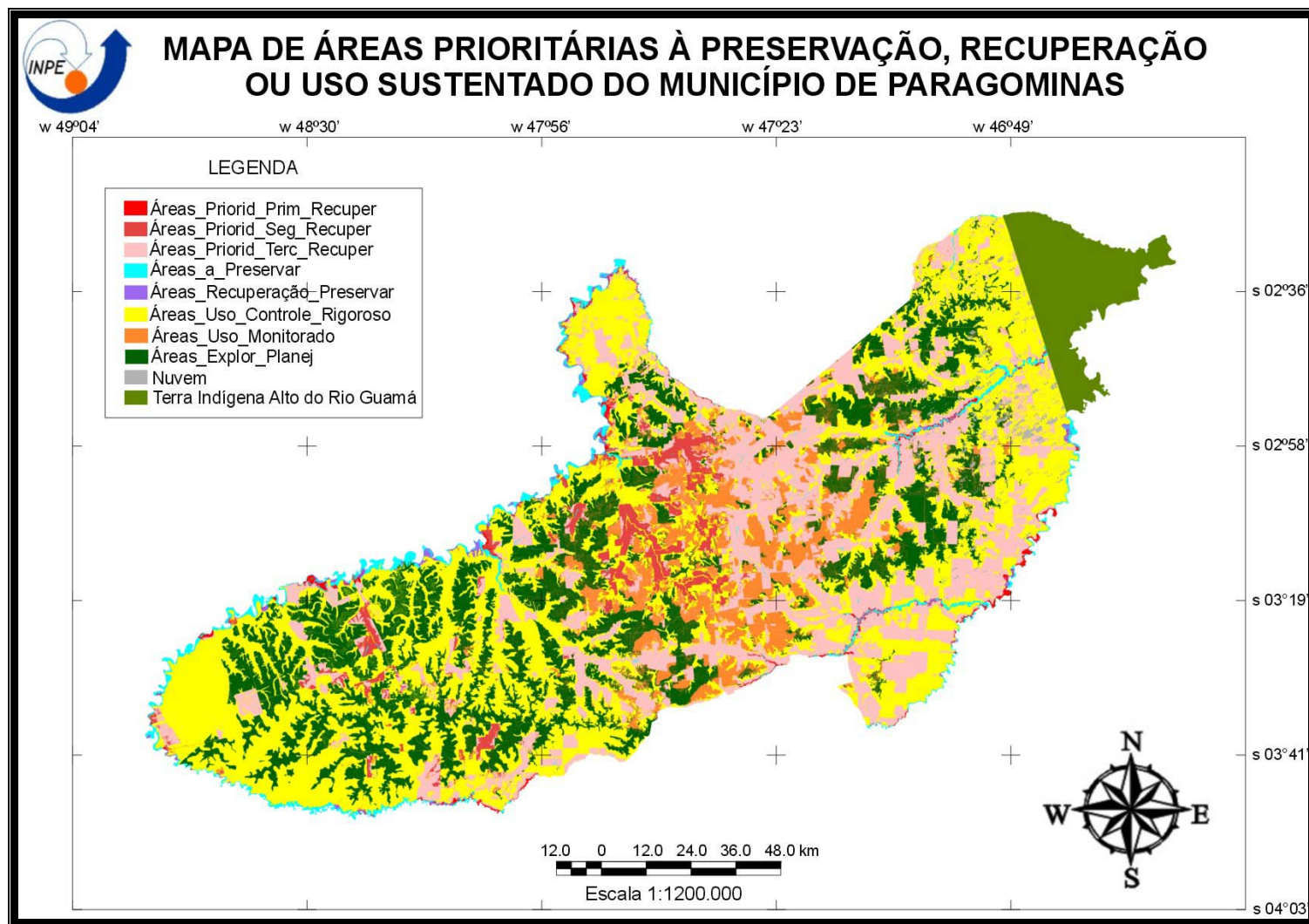


Figura 6: Mapa de Áreas Prioritárias à Preservação, Recuperação ou Uso Sustentado do Município de Paragominas (Estado do Pará).