

# Mapeamento de Áreas Degradadas Pela Atividade de Garimpos na Região da Serra Tepequém (RR), Através de Imagens Landsat-TM

EDILEUZA CARLOS DE MELO<sup>1</sup>  
RAIMUNDO ALMEIDA FILHO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ENGESPAÇO Indústria e Comércio Ltda  
Rua Letônia, 733 - Vila Letônia  
12231-150 São José dos Campos-SP

<sup>2</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515, 12227-010 São José dos Campos, SP, Brasil  
rai@ltid.inpe.br

**Abstract** Landsat Thematic Mapper images from three different dates were used to map degradation areas associated to mine activities in the Tepequém range, Roraima State, Northern Brazil. Changes in the vegetation cover showed by Landsat images acquired in 1987, 1991 and 1994 permitted to map respectively 287, 532 and 680 hectares of degraded areas.

**Keywords:** Remote sensing, GIS, change detection

## 1 Introdução

Dentre as atividades extrativas, o garimpo é talvez a que mais contribui para a degradação do meio ambiente. Desenvolvido através de técnicas rudimentares, tem como conseqüências mais drásticas o desmatamento de matas ciliares e contaminação por mercúrio de igarapés e rios. Apesar dos problemas ambientais envolvidos, a atividade garimpeira constitui uma importante fonte de renda, talvez a única, para uma parcela significativa da população brasileira na região norte do país. Ela é particularmente importante no estado de Roraima, onde é praticada há mais de cinquenta anos, constituindo-se na única fonte de renda de uma parcela substancial da população do estado. Em função da longa crise econômica por que tem passado o Brasil nos últimos anos, verifica-se um aumento contínuo do número de pessoas que se dedicam a essa atividade. Apesar do problema social envolvido, torna-se cada vez mais urgente, a necessidade do estabelecimento de normas que possam ordenar e estabelecer alguma forma de controle da atividade garimpeira. Outra necessidade imediata diz respeito à tomada de ações concretas por parte de órgãos governamentais, direcionadas à recuperação ambiental das áreas já destruídas e contaminadas. O primeiro passo concreto a ser tomado para efetivar essa ação é um levantamento diagnóstico das áreas já degradadas.

Dentro do contexto acima, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o emprego combinado de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, na avaliação do impacto ambiental causado pela atividade garimpeira de ouro e diamante na região da serra Tepequém, porção norte do estado de Roraima. A serra Tepequém constitui uma área com características particulares no ambiente amazônico, onde predominam solos arenosos e friáveis cobertos por vegetação rala formada por campos limpos. Sob essas características fisiográficas, o impacto da atividade garimpeira tem sido ainda mais intenso, causando destruição ambiental significativa ao longo dos igarapés que drenam a serra, destruindo matas de ciliares, causando assoreamento de leitos, com contaminação e desaparecimento de peixes. A lavra na região da serra Tepequém concentra-se nos igarapés denominados Cabo Sobral e Paiva, realizada através de desmonte hidráulico e concentração em *jigue*, conhecido popularmente por “máquina resumidora”, responsável pela maior parte da produção.

## 2 Localização da área e aspectos gerais

A região de estudo situa-se na área limítrofe entre o estado de Roraima e a Venezuela, cobrindo cerca de 130 Km<sup>2</sup>, na margem direita do rio Amajari, bacia do rio Uraricoera, definida pelas seguintes coordenadas 3° 46'-3° 51' N / 61° 40'-61° 49' W (Figura 1). O acesso à

região é feita pelas rodovias BR-174 e RR-014. A serra Tepequém é um testemunho residual de antigas superfícies de erosão, preservado em meio ao planalto dissecado do norte da Amazônia, com altitude máxima de cerca de 1.100 metros, estabelecendo quebra topográfica de cerca de 900 metros em relação a este (Figura 2).

O clima da região é caracterizado por duas estações bem definidas: uma estação seca, com início no final de dezembro, estendendo-se até meados de abril; e uma estação chuvosa, entre maio e novembro, com precipitações pluviométricas anuais de cerca de 2250mm. As temperaturas médias máxima e mínima giram em torno de 32°C e 20°C, respectivamente. Já nas áreas de maior altitude registram-se temperaturas mais baixas.

Do ponto de vista geológico a região localiza-se no Escudo das Guianas, entidade tectônica integrante do Cráton Amazônico (Santos, 1984). A feição geológica mais marcante na região é a serra Tepequém, um testemunho isolado de sedimentos do supergrupo Roraima (formação Arai), representados predominantemente (da base para o topo) por conglomerados, arenitos finos, siltitos, argilitos, arenitos grosseiros a conglomeráticos com intercalações de conglomerados. Essa seqüência assenta-se sobre rochas ácidas a intermediárias (riolitos, riodacitos, andesitos etc) do grupo Surumu (Borges & Dantona et al., 1988). Na área são conhecidas ainda ocorrências de rochas básicas, denominadas de suíte Avanavero (Fraga, 1994). Na serra Tepequém o diamante e o ouro são encontrados e extraídos em aluviões e secundariamente em colúvios e elúvios provenientes dos sedimentos da Formação Arai, principalmente dos conglomerados

Segundo dados do projeto Radambrasil, no domínios das rochas ígneas ocorrem solos podzólicos vermelhos e amarelos com textura argilosa e cobertura vegetal de floresta densa. Na serra Tepequém predominam solos litólicos derivados da alteração de arenitos, com cobertura vegetal formada por campos, com arbustos, subarbustos e gramíneas.

### 3 Material e métodos

As atividades foram iniciadas pelo levantamento e aquisição do material básico necessário à realização da pesquisa, o qual constou de:

- Imagens multiespectrais do sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat-5, obtidas em três épocas diferentes: março de 1987, outubro de 1991 e novembro de 1994. Essas imagens, espaçadas de no mínimo três anos entre si, foram escolhidas em função da disponibilidade de cenas livres de cobertura de nuvens.
- Carta topográfica correspondente à Folha NA.20-X-A-III, escala 1:100.000, IBGE, 1983.
- Mapas de geologia, vegetação e pedologia, referentes à Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NB.20 Tumucumaque e NB.21 Roraima, do Projeto Radambrasil, escala 1:1.000.000.
- Mapas de geologia, vegetação e pedologia, referentes à folha Ilha de Maracá - NA.20-X-A, escala 1:250.000, compiladas e atualizadas pelo IBGE a partir das interpretações temáticas efetuadas sobre mosaicos semi-controlados de radar, na mesma escala, pelas equipes do Projeto Radambrasil e digitalizadas pela SUDAM, 1988.
- Fotográficas aéreas obtidas com câmaras manuais, durante sobrevôo realizado em 1995 sobre a área de estudo..

Os processamentos de dados digitais (realces de imagens, digitalização de mapas etc) foram executados utilizando-se os equipamentos SITIM-340 e SGI-2.5 (INPE/ENGESPAÇO, 1994a; 1994b). Definiu-se inicialmente um projeto em coordenadas geodésicas, escala 1:100.000 e sistema de projeção Universal Transversa de Mercator. Em seguida foi criado um banco de dados digitais geocodificados, o qual incluía as seguintes fontes de informações: mapa topográfico, vias de acesso, rede drenagem, mapa geológico, mapa de solos, mapa de cobertura vegetal e mapas de áreas de garimpos, estes obtidos a partir das imagens multitemporais mencionadas.

Antes da digitalização dos mapas de garimpos, as imagens Landsat foram realçadas através de aumento linear de contraste, para a escolha das melhores bandas ou combinação de bandas para a extração das áreas degradadas pela atividade garimpeira. Diversos trabalhos têm usado a composição colorida obtida com as bandas TM-3/4/5, para mapear áreas de desmatamentos na Amazônia. No entanto, para a área de estudo esta composição colorida não se mostrou adequada, em função das características fisiográficas da serra Tepequém, constituída por cobertura vegetal

muito rala sobre solos muito claros (altas reflectâncias). Devido à alta reflectância de solos na banda TM-5, a utilização dessa banda fazia com que muitas áreas de baixa cobertura vegetal (alta exposição de solos) fossem freqüentemente confundidas com áreas de garimpos. Em função disso, procurou-se a melhor combinação de bandas que permitisse a discriminação das áreas de interesse, nas datas selecionadas. A combinação das bandas 3/2/1 com filtros vermelho, verde e azul respectivamente, foi a que mostrou melhores resultados. As respostas espectrais mais baixas dos solos nessas bandas, aliadas à faixa de absorção da clorofila na banda TM-3, favoreceram o aparecimento de variações sutis de matizes de cores, propiciando a discriminação detalhada das áreas de interesse. Além disso, devido ser uma composição colorida em cor natural (não falsa cor) os alvos aparecem em cores verdadeiras, facilitando a identificação e discriminação dos mesmos.

Devido ao forte contraste entre a cobertura vegetal da serra Tepequém (campos abertos) e seus arredores (vegetação de mata densa), foram utilizados diferentes limiares para realces das imagens nessas duas regiões de características fisiográficas distintas. As fotografias de campo tomadas a partir de aeronave, foram utilizadas como parâmetro de verdade terrestre para avaliação dos resultados.

#### 4 Resultados e Discussões

Os mapas indicando as áreas afetadas pela atividade garimpeira na região da serra Tepequém, gerados a partir da análise das imagens Landsat obtidas em março de 1987, outubro de 1991 e novembro de 1994, são mostrados nas Figura 3. Através da simples análise visual desses mapas, pode-se constatar a evolução da atividade garimpeira na região, iniciando-se pelas drenagens nos sopés da serra, atingindo e em seguida o topo da mesma. Sobre a serra os efeitos da atividade são mais intensos, devido a natureza frágil dos solos, tornando as áreas mais facilmente degradadas. O gráfico da Figura 4 mostra a evolução dessa degradação de acordo com os dados fornecidos pelas imagens. Assim, até março de 1987, um total de 287 ha haviam sido destruídos. Em quatro anos esse número saltou para 532 ha, atingindo um total de 680 ha de áreas degradadas em novembro de 1994.

Como a atividade de garimpo ainda é uma alternativa que envolve muitas pessoas na região, acredita-se que a situação na região, de novembro de 1994 até o presente tenha evoluído bastante, o que pôde ser constatado a partir das observações feitas durante o sobrevôo à área em 1995. Mantendo-se o mesmo ritmo de degradação verificada entre os anos de 1987 e 1994, pode-se estimar em cerca de 800 ha o total de áreas já degradadas até o presente.

#### 5 Conclusões

Imagens Landsat-TM mostraram-se adequadas para o levantamento de áreas degradadas pela atividade garimpeira na região da serra Tepequém, estado de Roraima. O uso combinado de técnicas de realce e geoprocessamento, aplicadas a imagens obtidas em diferentes épocas, permitiu fornecer um diagnóstico sobre a dinâmica de ocupação da área, num período de oito anos. Através de mapas obtidos a partir das imagens multitemporais, foi possível definir quantitativamente a extensão das áreas degradadas, entre os anos de 1987 e 1994. A metodologia empregada mostrou-se adequada e confiável, podendo ser empregada para toda a região amazônica, como um primeiro passo para monitorar o processo de degradação ambiental causada pela atividade dos garimpos naquela região.

O maior problema em geral encontrado na utilização de imagens Landsat para estudos multitemporais, é a não disponibilidade das mesmas em todas as épocas de interesse, em função do problema de cobertura de nuvens. No entanto, esse problema pode ser superado com a utilização conjunta de imagens Landsat com imagens de Radar em banda L (tais como aquelas obtidas pelo satélite JERS-1), as quais têm se mostrado adequadas para a indicação de áreas desmatadas

#### Referências

- BORGES, F.R. & D'ANTONA, R.J.G. 1988. Geologia e mineralizações da serra Tepequém. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, 1988. Anais. Belém, PA, SBG, v. 1, p. 155-163.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 - Tumucumaque e NB.20 Roraima; geologia, geomorfologia, pedologia,

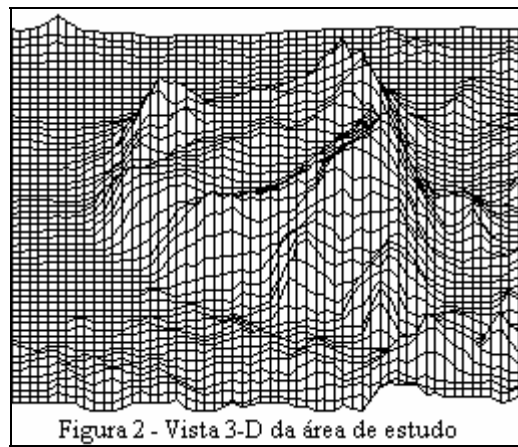
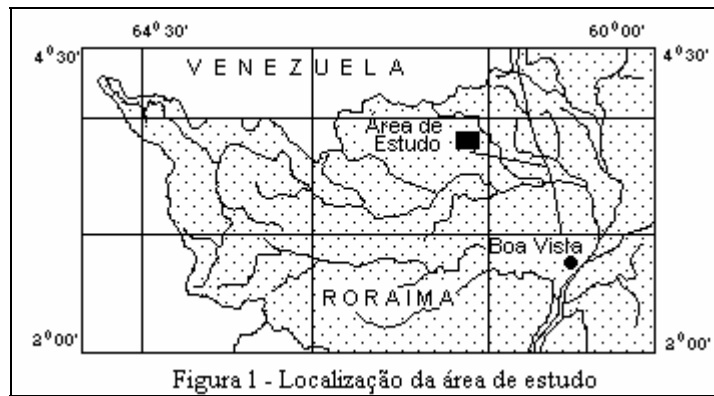
vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1975. (Levantamento de Recursos Naturais, 8).

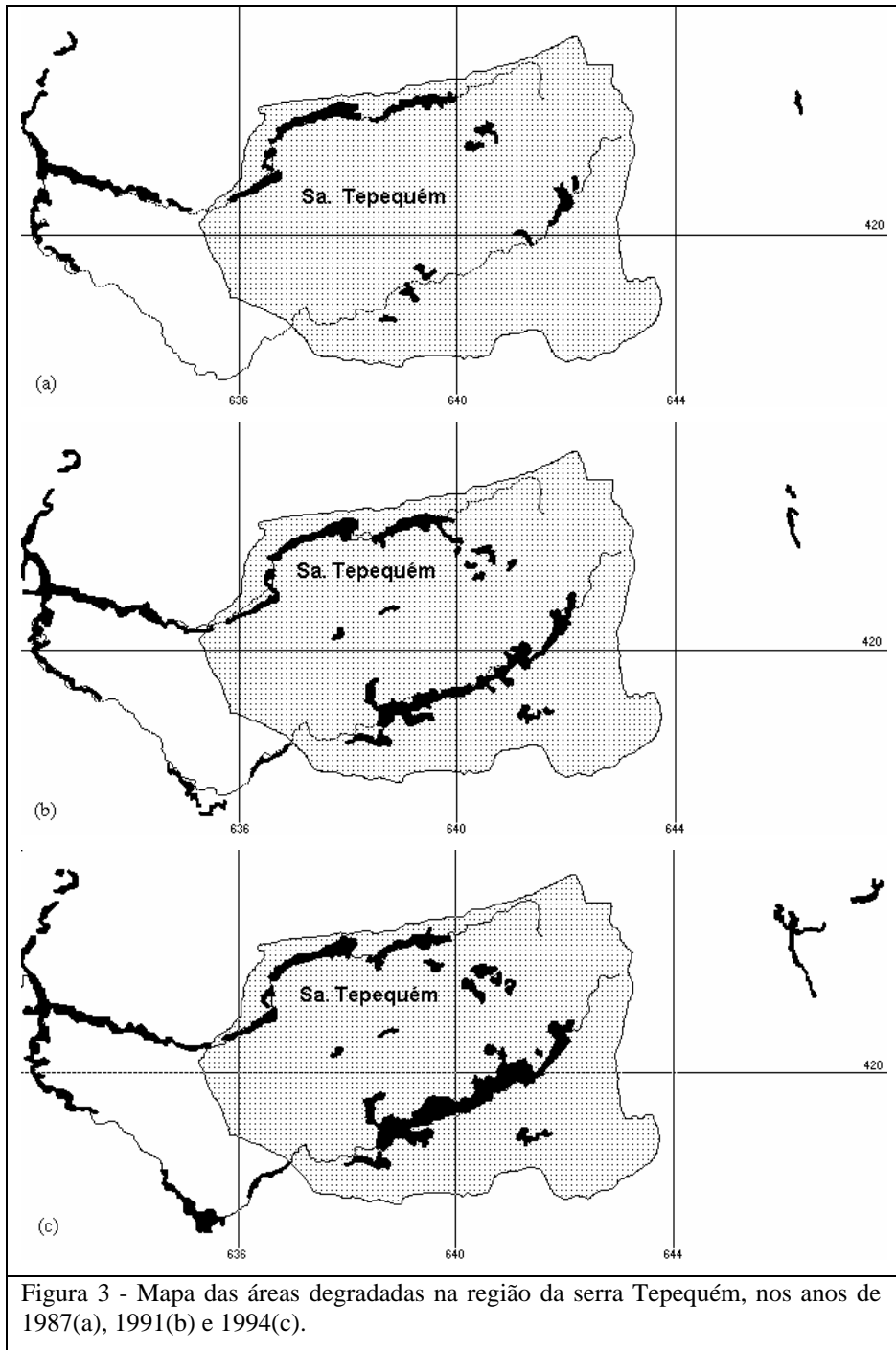
ENGESPAÇO. Sistema de Tratamento de Imagens SITIM: manual do usuário, versão 2.4. São José dos Campos: ENGESPAÇO, 1994. 1v.

ENGESPAÇO. Sistema de Informações Geográficas SGI: manual do usuário, versão 2.5. São José dos Campos: ENGESPAÇO, 1994. 1v.

FRAGA, L. M. B.; REIS, N. J. & PINHEIRO, S. S. 1994. Serra Tepequém: uma estrutura relacionada à inversão da bacia Roraima. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário Camboriú, 1994. Anais. Balneário Camboriú, SC, SBG, v. 2, p. 294-295.

SANTOS, J. O. S. A parte Setentrional do Cráton Amazônico, In: SCHOBENHAUS FILHO, C. et alii (coordenadores). Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escalas 1:2.500.000. Brasília, DNPM, p.57-91, 1984.





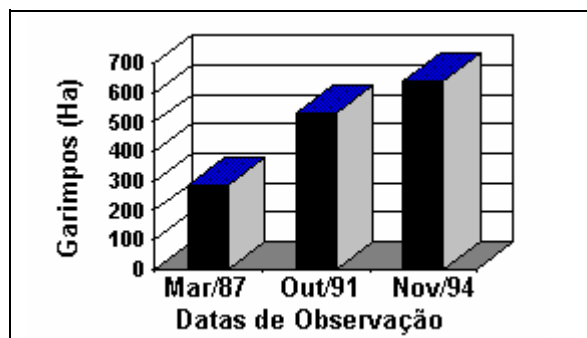


Figura 4 - Dados estatísticos sobre a evolução das áreas degradadas na região da serra Tepequém, através de imagens Landsat obtidas em 1987, 1991 e 1994