

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ESTUDO E MONITORAMENTO DE ÁREAS DE GARIMPO  
ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS E DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: POCONÉ (MT), UMA ÁREA DE ESTUDO

\*Wougran Soares Galvão  
\*Ana Lucia Costa de Oliveira-Galvão  
\*\*Álvaro Roberto Tavares

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos  
Recursos Naturais Renováveis  
\*Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação  
\*\*Diretoria de Controle e Fiscalização  
SAIN L4 Norte - Brasília - DF 70800

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma proposta metodológica para o estudo e monitoramento de áreas de garimpo. Como área-teste foi escolhida a região de Poconé, no sul do Estado do Mato Grosso. A metodologia proposta baseia-se na utilização de Sistemas de Tratamento de Imagens Digitais e de Informação Geográfica. A avaliação dos resultados preliminares mostrou que a metodologia foi eficiente para a detecção das áreas de garimpo.

ABSTRACT

This work presents a methodological purpose to the study and monitoring of placer's areas. As a teste-site was choosen the region of Poconé, in the south of the Mato Grosso State. The methodology suggested was based in the utilization of Digital Image Processing and Geographical Information Systems. The evaluation of the preliminary results showed that the methodology was efficient to the detection of the placer's areas.

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica tem sido alvo de uma intensa e devastadora garimpagem. Os núcleos de garimpo são, na maior parte, ilegais, e têm crescimento dinâmico e desordenado. Os garimpos de ouro têm provocado sérios danos ao meio ambiente através de: assoreamento de rios e lagoas, desvio de cursos d'água, represamento de córregos, desmatamentos, e, principalmente, a contaminação do ser humano e do meio ambiente com o uso de mercúrio.

A garimpagem de ouro em condições precárias e deficientes ocorre em todo o Brasil, sendo concentrada principalmente nos Estados de Mato Grosso, Pará, Rondônia, Amapá, Roraima, Amazonas e Maranhão, gerando graves problemas nos aspectos: político, social, econômico, produtivo, legal e ambiental.

Para controlar e solucionar os problemas decorrentes da atividade de garimpo, torna-se necessário que o Governo Federal, em conjunto com os Governos Estaduais da região Amazônica, desenvolvam com urgência um amplo programa de monitoramento dos núcleos de garimpo na Amazônia.

Neste trabalho, propõe-se uma metodologia de estudo e monitoramento de áreas de garimpo através da utilização de Sistemas de Tratamento de Imagens Digitais e de Informação Geográfica.

fica.

O Sistema de Tratamento de Imagens Digitais permite a manipulação numérica de uma imagem, favorecendo a extração máxima dos dados obtidos pelos sensores remotos. Com a utilização de equipamentos, as imagens são retificadas, realçadas, classificadas ou analisadas, otimizando a obtenção de informações a partir dos dados apresentados pelas imagens (Ince, 1983). Enquanto que, o Sistema de Informação Geográfica é um banco de dados geográficos que permite adquirir, armazenar, combinar, analisar e recuperar informações (de diversas fontes e escalas) codificadas espacialmente; agilizando a integração de dados e informações multitemporais que permitem o monitoramento ambiental das áreas de interesse (garimpo).

Como área-teste foi selecionada a região de Poconé, no sul do Estado do Mato Grosso.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) localiza-se no município de Poconé (MT). Geograficamente, a área é delimitada pelas coordenadas de latitude de sul  $16^{\circ} 04' 53''$  -  $16^{\circ} 21' 44''$  e de longitude de oeste  $56^{\circ} 30' 48''$  -  $56^{\circ} 47' 39''$ . Abrange uma área de 30 x 30 Km<sup>2</sup>.

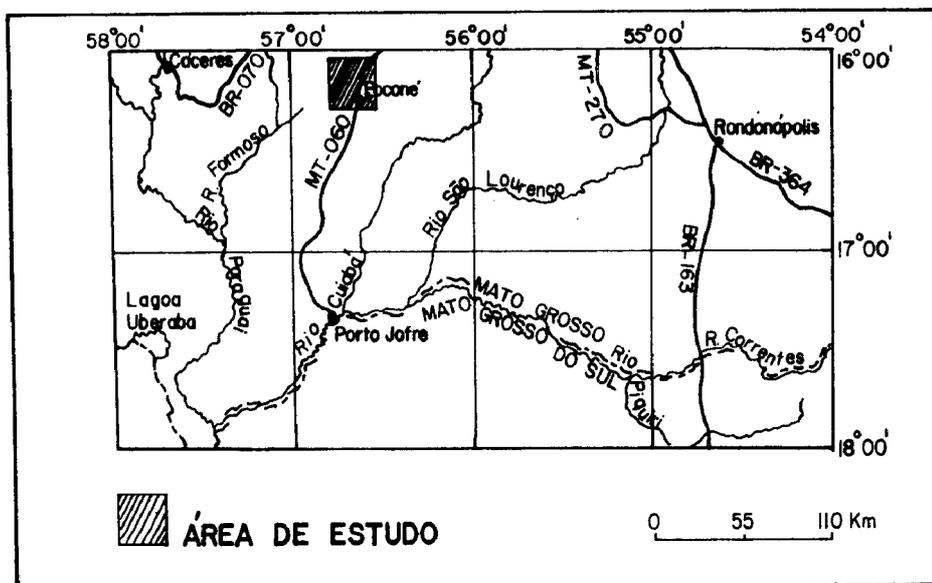


Fig. 1 - Localização da área de estudo

Segundo o RADAMBRASIL (1982), a caracterização da área de estudo é a seguinte:

O clima é semi-úmido com uma estação chuvosa no verão e uma estação seca que abrange o período de maio a setembro. A umidade relativa média mensal é de 60 a 80%. A temperatura média mensal oscila entre 18 a 27 °C, com precipitação média anual que varia de 800 a 1400 mm.

As unidades geomorfológicas encontradas na área são a "Depressão do Guaporé" - a qual constitui uma vasta planura com altimetrias inferiores a 300 m, com domínio de formas aplanadas e conservadas; e "Planícies e Pantanaís Mato-Grossenses" - extensa superfície de acumulação, de topografia bastante plana e frequentemente sujeita a inundações, com altimetria variando de 80 a 150 m e declividade regional inexpressiva.

Litologicamente, constitui-se de filitos, filitos grafitosos, xistos, metarenitos, metacôseos, metaparaconglomerados, metagrauvascas, quartzitos e mármoreos; pertencentes ao Grupo Cuiabá, de idade Pré-Cambriano Superior. Nas Planícies e Pantanaís Mato-Grossenses ocorrem vasas, arenitos e argilas pertencentes a Formação Pantanal, de idade Quaternária. Ocorrências auríferas encontram-se associadas às rochas do Grupo Cuiabá.

Os solos são do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico de textura argilosa, não hidromórficos. São permeáveis, porosos, profundos e bem a excessivamente drenados e em avançado estágio de intemperização. Na região denominada "Planícies e Pantanaís Mato-Grossenses", sobre os sedimentos quaternários da Formação Pantanal, ocorrem solos da classe Laterita Hidromórfica Álica.

Três tipos de formações vegetais ocorrem na área: Campo Cerrado sem floresta de galeria, Parque Cerrado sem floresta de galeria e Gramíneo-Lenhosa sem floresta de galeria. i) O Campo Cerrado caracteriza-se por um tapete gramíneo-lenhoso entremeado de árvores geralmente raquíticas, com casca espessa, e, às vezes, corticosa; ii) O Parque Cerrado caracteriza-se através de pequenas árvores tortuosas, dispersas de maneira mais ou menos uniforme sobre um tapete gramíneo-lenhoso contínuo, ou formado de touceiras; iii) A Gramíneo-Lenhosa ocorre nas áreas mais baixas, periodicamente inundáveis, constituindo no período seco o "domínio dos campos". Percebe-se nestas áreas uma fisionomia campestre, predominantemente graminóide, com correrdo inúmeras plantas lenhosas, rasteiras, esparsas, e grande quantidade de palmeiras anãs.

### 3. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTUDO

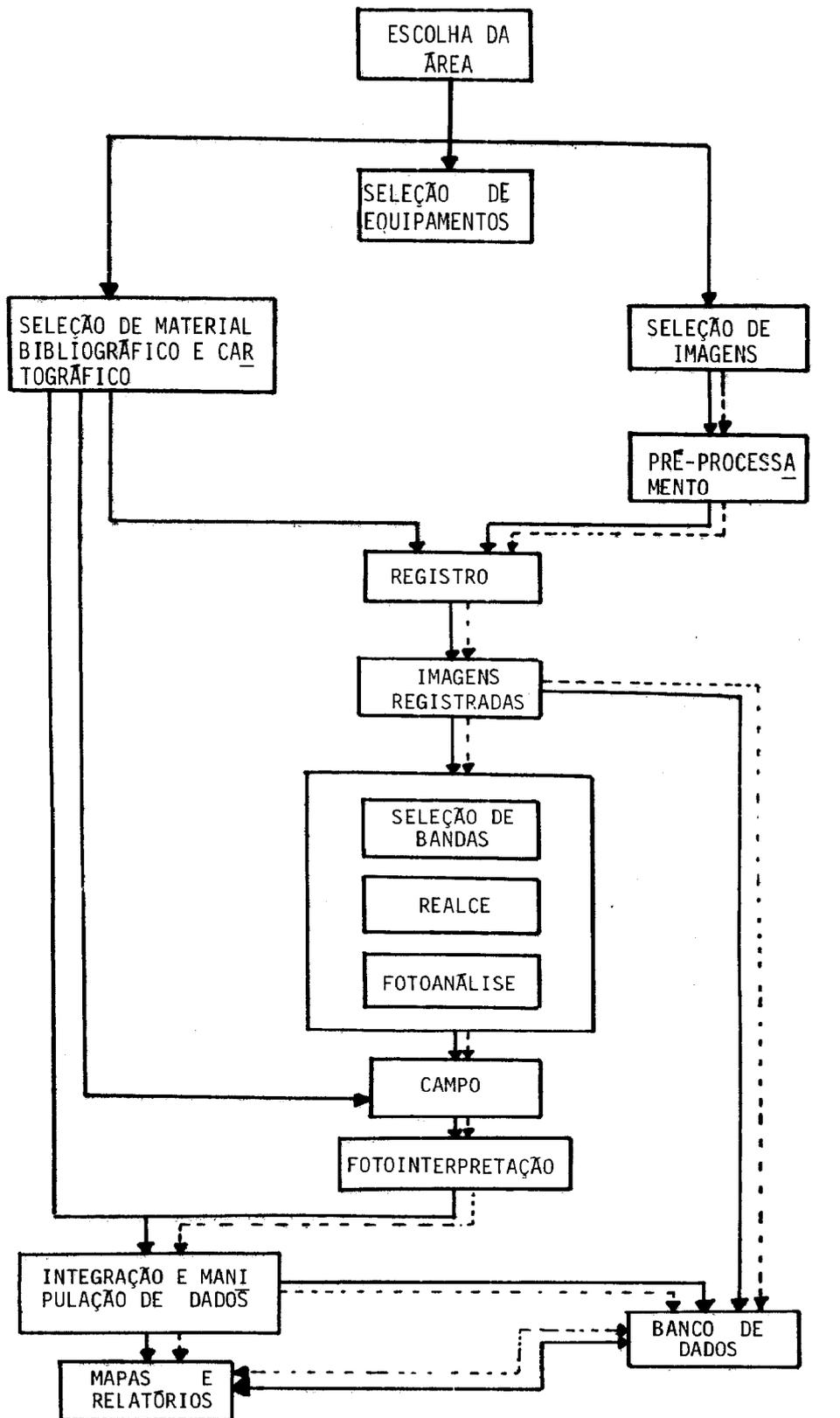
O procedimento metodológico básico proposto para o atendimento do objetivo do trabalho é descrito a seguir, e o fluxograma das atividades é apresentado na Figura 2.

#### 3.1 - Escolha da Área

O município de Poconé (MT) foi escolhido como área-teste por tratar-se de uma região de intensa atividade de garimpagem e com graves problemas ambientais. Foi delimitado um polígono de 30 Km x 30 Km.

#### 3.2 - Seleção de Equipamentos

O Sistema de Tratamento de Imagens Digitais (SITIM-150) e o Sistema de Informação Geo



———— atividades referentes ao estudo

----- atividades referentes ao monitoramento

Fig. 2 - Fluxograma da Metodologia Desenvolvida

gráfica (SIG), ambos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), e o Ampliador Óptico PROCOM-2 (da Gregory Geoscience Limited - Canadá), foram os equipamentos selecionados para a realização da pesquisa.

O SITIM-150 utilizado possui a seguinte configuração:

- microcomputador PC 286 da ITAUTEC com processador principal Intel 20286 e 20287, de 8 MHz e 704 Kb de memória;
- processador numérico rápido TMS 320C25 com 40 MHz e 256 Kb de memória local;
- monitor de vídeo colorido 14" de alta resolução (ITAUTEC);
- disco rígido de 85 Mb;
- unidades de disco flexível de 360 Kb e 1,2 Mb; unidade de fita cartucho de 60 Mb;
- memória de imagem com 4 planos de 1024 x 1024 pontos com 8 bits cada, com sobreposição do plano gráfico;
- monitor de imagens de 20" (Videotek), 512 linhas x 512 colunas;
- impressora matricial RIMA XT 180 (ITAUTEC).

O SIG utilizado possui a seguinte configuração:

- microcomputador PC 286 da ITAUTEC com processador principal Intel 20286 e 20287, de 8 MHz e 704 Kb de memória;
- monitor de vídeo colorido 14" de alta resolução (ITAUTEC);
- disco rígido de 85 Mb;
- unidades de disco flexível de 360 Kb e 1,2 Mb;
- memória de imagem com 1 plano de 1024 x 1024 pontos com 8 bits cada;
- monitor de imagens de 20" (Videotek), 512 linhas x 512 colunas;
- mesa digitalizadora "Van Gogh" da DIGIGRAF, formato A1 (630 mm x 930 mm);
- traçador gráfico TDD-21R da DIGICON, formato A1 (594 mm x 841 mm).

Os Sistemas SITIM-150 e SIG encontram-se interligados através de uma placa de ligação em rede tipo AMPLICARD AC 210 Modelo XT padrão ETHERNET.

### 3.3 - Seleção de Material Cartográfico e Bibliográfico

Levantamento bibliográfico, aquisição e estudo de trabalhos referentes a área de interesse e ao tema garimpo.

O material cartográfico de interesse pode ser armazenado em meio digital através da utilização do Sistema de Informação Geográfica - SIG. Define-se um projeto (denominado aqui "GAR") no SIG e cria-se planos de informação -

PI's do projeto a partir do material cartográfico coletado. Como planos de informação podem ser criados: PI's de vias de acesso, topografia, drenagem, tipos de cobertura vegetal, áreas sujeitas a inundação, solo, uso do solo, entre outros.

Todas as referências bibliográficas usadas para consulta durante o trabalho podem ser armazenadas em meio digital, associadas ao projeto GAR, através da criação de um arquivo (ASCII) externo, por meio do editor de textos presente no SIG. Estas informações servem para alimentar o banco de dados do projeto GAR.

### 3.4 - Seleção de Imagens

A escolha do sensor TM-LANDSAT 5, para o monitoramento das áreas de garimpo, deve-se principalmente a alta resolução espectral deste sensor, bem como a cobertura repetitiva da região pelo LANDSAT, a cada 16 dias.

Com base nas coordenadas geográficas limites apresentadas pela região de interesse, identifica-se a órbita/ponto e o quadrante da imagem do sensor TM que cobre a referida área: no caso, órbita 227 - ponto 71 - Quadrante "D". Os critérios utilizados para selecionar a data da passagem mais adequada (19/06/89) são: imagem com menor cobertura de nuvens sobre a região de interesse; imagem da estação seca (onde os núcleos de garimpo apresentam-se em maior quantidade) e imagem de tomada recente (devido a atividade de garimpo ser muito dinâmica).

As bandas adquiridas, em meio digital, foram: TM 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

### 3.5 - Pré-Processamento de Imagens Digitais

As fitas magnéticas da área de estudo foram corrigidas para efeitos de atmosfera e radiometria no SITIM-150.

A escala de trabalho utilizada para o processamento de imagens digitais do sensor TM foi 1:50.000. Essa escala mostrou-se adequada para a detecção dos núcleos de garimpo na área em estudo.

### 3.6 - Registro de Imagens Digitais

Como o SIG deve trabalhar com imagens geocodificadas, isto é, imagens orientadas para norte na projeção UTM, torna-se necessário submeter as imagens TM a um processo de correção geométrica. Isto pode ser feito através da utilização do programa Registro do SITIM-150 em associação com a mesa digitalizadora do SIG.

### 3.7 - Imagens Registradas

As seis bandas TM registradas são transportadas para o SIG, via rede, para alimentar o banco de dados do projeto GAR. A imagem no SITIM deve ter o mesmo nome do projeto no SIG (GAR). Para o SIG, cada banda espectral é vista como um plano de informação distinto.

### 3.8 - Seleção de Bandas Multiespectrais

Visando a redução da dimensionalidade dos dados do sensor TM, as seis bandas do espectro refletido são submetidas a uma técnica de seleção de bandas multiespectrais.

No SITIM-150, aplica-se a técnica de Seleção de Atributos - critério de distância J-M<sup>2</sup> média (Galvão, 1989), para a seleção do melhor subconjunto de três bandas TM, visando a geração de composições coloridas.

O triplete de bandas TM 3-4-5 foi selecionado como o mais adequado para a detecção dos garimpos da área de estudo.

### 3.9 - Realce de Imagens Digitais

Em função do dimensionamento da área de estudo é feita uma subdivisão da imagem, em tantos módulos quanto necessários, para efeitos de visualização e processamento no SITIM-150.

A região de estudo (30 Km x 30 Km) foi subdividida em seis módulos de 15 Km x 15 Km, na escala 1:50.000, para efeitos de processamento digital de realce.

No SITIM-150, para cada módulo de estudo, as bandas TM, selecionadas como as mais adequadas, são realçadas a partir da técnica de ampliação linear de contraste e ordenadas entre as cores vermelho (R), verde (G) e azul (B) para a formação da composição colorida que apresenta a melhor visualização e discriminação de alvos (solo, rocha, vegetação, água, garimpo) na área de estudo.

A composição colorida gerada para a área de estudo foi: TM 3 (azul) - 4 (vermelho) - 5 (verde). Em seguida, as composições coloridas formadas, dos módulos de estudo, são fotografadas em "slide" e papel (a partir do monitor de imagens do SITIM-150).

### 3.10 - Fotoanálise dos Produtos Realçados

As composições coloridas de imagens TM, geradas a partir dos módulos de estudo da área, fotografadas em "slide", são ajustadas sobre base cartográfica e fotoanalisadas com o uso do Ampliador Óptico PROCOM-2. Para cada módulo, é gerado um "overlay" da fotoanálise.

### 3.11 - Execução de Trabalho de Campo

As composições coloridas dos módulos de estudo, fotografadas em papel, são ampliadas em 30 cm x 30 cm de área útil. Estas servem de apoio e orientação ao trabalho de campo, na identificação dos padrões tonais observados na fotoanálise. O material cartográfico coletado, bem como fotografias aéreas recentes, também podem subsidiar o trabalho de campo.

Para cada núcleo de garimpo identificado no campo (com o auxílio das imagens realçadas do sensor TM) são obtidas as informações necessárias à caracterização da problemática local. Tais informações devem auxiliar na análise ambiental da área; e serem adquiridas de maneira uniforme para todos os núcleos de garimpo de uma mesma área - ainda que de forma diferenciada entre áreas de estudo com problemáticas distintas entre si.

### 3.12 - Fotointerpretação dos Produtos Realçados

### 3.13 - Integração e Manipulação de Dados

As informações obtidas a partir da fotointerpretação das imagens TM realçadas, plotadas em base cartográfica, são transferidas para o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Mapas de núcleos de garimpo, tipos de cobertura vegetal, uso do solo, drenagem, vias de acesso, uso do solo, entre outros, entram no SIG como planos de informação (PI) individuais; alimentando e/ou atualizando o banco de dados do projeto GAR.

As informações referentes a caracterização da problemática local, coletadas no trabalho de campo, são representadas em base cartográfica e associadas a planos de informação individuais, via SIG.

Todos os PI's do projeto que alimentam o banco de dados (imagens TM, dados cartográficos, informações de campo, fotointerpretação de composições coloridas de imagens TM), podem ser manipulados digitalmente através do SIG, a critério do usuário, e de acordo com a problemática ambiental da área. Esta manipulação permite a geração de novos PI's, a partir dos originais, utilizando-se das funções disponíveis atualmente no SIG: sobreposição, cruzamento, ponderação, geração de mapas de distâncias e de declividades, fatiamento, geração de perfis, reclassificação por polígonos e classes, cálculos (volume, área, perímetro); inclusive a visualização tridimensional do terreno e a geração de imagens sintéticas.

Os PI's gerados a partir da manipulação dos dados também alimentam o banco de dados do projeto GAR.

### 3.14 - Geração de Mapas e Relatórios

Um dos aspectos gerais de um SIG é a possibilidade de geração de mapas contendo informações combinadas sobre a região de interesse. Um documento cartográfico pode ser gerado pelo sistema, a partir de um conjunto de PI's. A construção do documento cartográfico é feita de maneira análoga à Cartografia Convencional. Os PI's contendo informações de interesse são escolhidos pelo usuário e combinados digitalmente; legendas e textos podem ser adicionados de forma a permitir a produção de uma carta.

Cartas temáticas podem ser geradas em qualquer escala, envolvendo toda a região do projeto ou parte dele, a partir de um plano de informação ou de um subconjunto de planos de informação do projeto.

As cartas temáticas geradas podem ser armazenadas no SIG, também alimentando o banco de dados do projeto GAR.

O relatório final do projeto pode ser armazenado em meio digital, associado ao projeto GAR, através da criação de um arquivo (ASCII) externo, por meio do editor de textos presente no SIG. Essas informações também alimentam o banco de dados do projeto GAR.

#### 4. MONITORAMENTO AMBIENTAL

O acompanhamento multitemporal, das condições ambientais de interesse na área de estudo, é realizado a partir da seleção de novas imagens digitais do sensor TM.

O intervalo de tempo, entre tomadas de imagens que serão analisadas consecutivamente, é determinado pela dinâmica dos processos de alteração dos recursos naturais em curso na área.

Os resultados obtidos a partir da fotointerpretação de imagens de épocas distintas entre si, integradas e manipuladas via SIG, possibilitam uma análise integrada das alterações de origem natural e antrópica que se desenvolvem na área de estudo.

As novas imagens digitais selecionadas reatualizarão o banco de dados do projeto, bem como os resultados da integração e manipulação dos dados (Figura 2).

#### 5. RESULTADOS

Como resultado preliminar, da metodologia sugerida, apresentamos o mapa de localização dos núcleos de garimpo no município de Poconé -MT (Figura 3). Mapa obtido pelo SIG, através da combinação dos PI's de: vias de acesso principais, drenagem, áreas sujeitas a inundação e núcleos de garimpo (obtido da fotointerpretação de imagens TM realçadas).

#### 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Considerando que, cada região de garimpo apresenta características naturais que lhe são peculiares, tais como: clima, condições geomorfológicas, litologia, tipos de solo, cobertura vegetal, regime hídrico, entre outros. Associado ao fato de que os antropismos instalam-se de forma diferenciada, em função de costumes, necessidades e cultura do explorador de áreas mineralizadas - garimpeiro. Cada área de garimpo apresenta uma problemática própria que deve ser analisada e avaliada com precisão.

Desta avaliação são destacadas as informações adicionais necessárias à caracterização da problemática local, que devem ser obtidas no trabalho de campo a partir de formulários próprios previamente elaborados.

- Considerando que, o dinamismo desordenado da garimpagem altera o equilíbrio dinâmico das condicionantes ambientais, o monitoramento constante das áreas de garimpo deve ser realizado.

Este monitoramento, porém, não deve restringir-se ao acompanhamento das instalações e crescimento dos núcleos de garimpo. E sim, abranger constante análise e avaliação das condicionantes ambientais, considerando especialmente a reação dos recursos naturais ao tipo, forma e velocidade de crescimento da exploração na área.

O monitoramento destas áreas deve estar atrelado a uma política séria de fiscalização, controle e recuperação de áreas de garimpo.

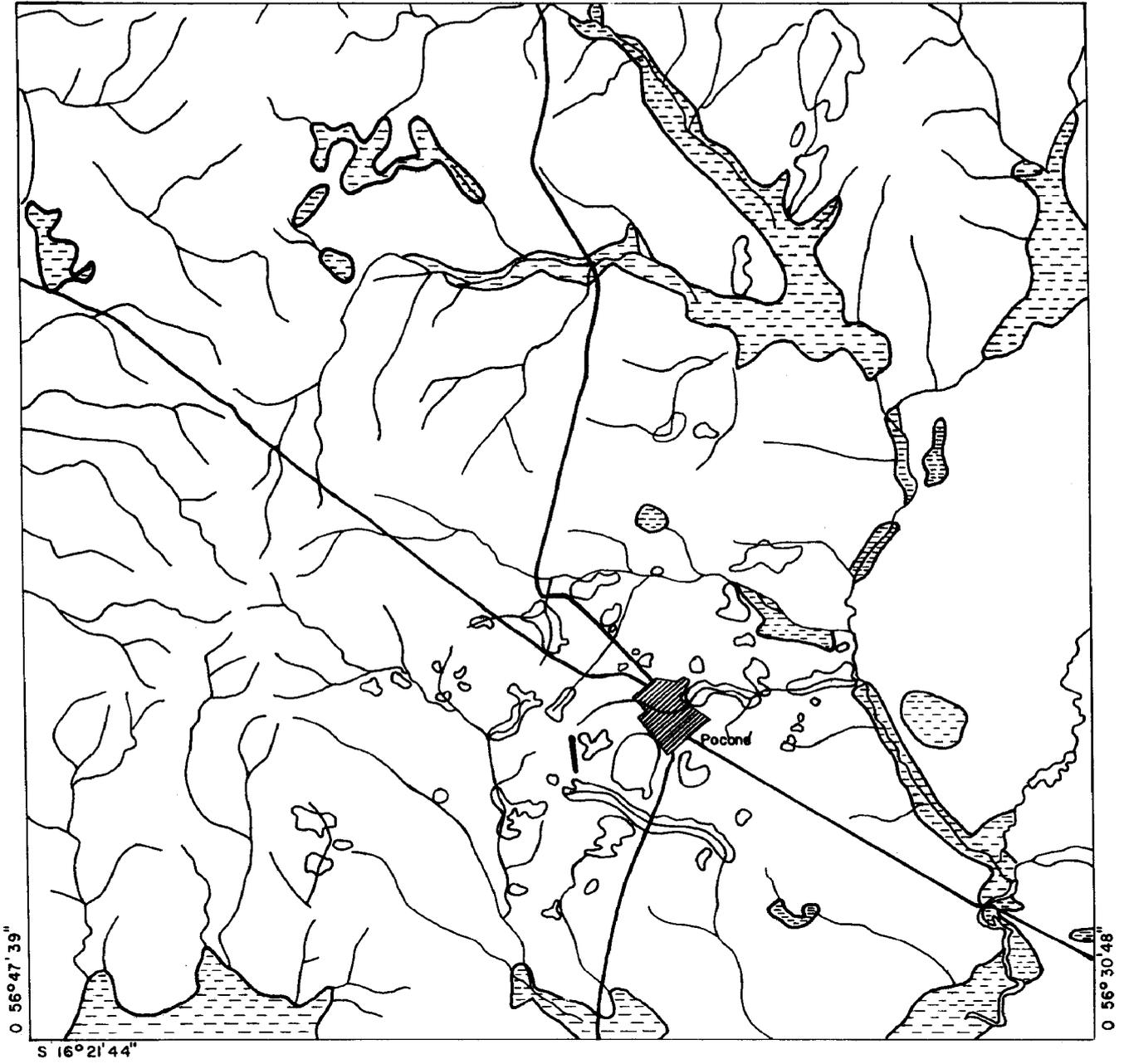
#### 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GALVÃO, W.S. Avaliação de Técnicas de Seleção de Bandas Multiespectrais Visando a Discriminação de Rochas Carbonáticas. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais, INPE, pp 286, 1989. (INPE-4850-TDL/365).

INCE, F. Digital Image Processing Systems and Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing, 4(1): 129-148, 1983.

RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, pp 452, 1982. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

S 16° 04' 53"



**LEGENDA**

- Principais vias de acesso
- Terreno sujeito a inundação
- Drenagem
- Núcleo de garimpo
- Aeroporto
- Núcleo urbano

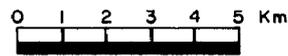
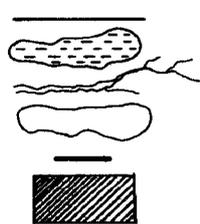


Fig. 3 - Mapa de localização dos núcleos de garimpo