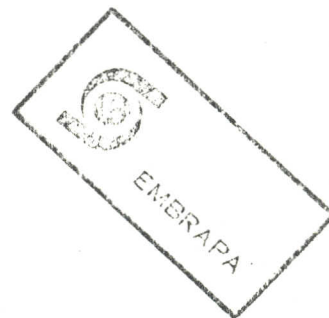
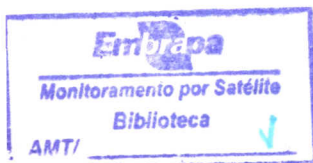


# GEOPROCESSAMENTO



**Escola Politécnica**  
**Universidade de São Paulo**



GEOPROCESSAMENTO EM ANÁLISE AMBIENTAL:  
A EXPERIÊNCIA DA EMBRAPA

Evaristo Eduardo de Miranda  
Núcleo de Monitoramento Ambiental/ NMA-EMBRAPA  
Av. Júlio Soares de Arruda, 803  
Parque São Quirino - Campinas  
C.E.F.: 13085 - S. PAULO

RESUMO

A modernização e a expansão da agricultura brasileira estão gerando problemas ambientais de natureza e magnitude inédita. O Núcleo de Monitoramento Ambiental da EMBRAPA tem por missão desenvolver pesquisas visando caracterizar a dinâmica espaço-temporal do uso das terras e o impacto ambiental decorrente. Dentre os instrumentos utilizados nesse trabalho destaca-se o geoprocessamento. Aliado a modelagem ecológica e ao tratamento de imagens de satélite, ele vem permitindo excelentes resultados na área de análise e monitoramento ambiental, apesar de algumas limitações dos atuais equipamentos e programas disponíveis. Dentre os trabalhos de geoprocessamento realizados e em curso destaca-se o Monitoramento Ambiental da Amazônia, a cartografia ecológica de Fernando de Noronha e o Zoneamento Agroecológico do Tocantins.

ABSTRACT

The modernization and expansion of the Brazilian agriculture is generating environmental unusual nature and magnitude problems. The Environmental Monitoring Center (NMA/EMBRAPA) has the objective of developing research, aiming, the dynamics characterization of land use and resulting environmental impact. One of the best tool to deal with this type of work is Geoprocessing. Associated with ecological modelling and satellite images treatment, geoprocessing has obtained excellent results in the area of environmental monitoring areas, as well as, analysis. The Amazon Environmental Monitoring, the Ecological Cartography of Fernando de Noronha and the Tocantins Agroecological Zoning are emphasized as the geoprocessing works developed by the Environmental Monitoring Center.

1 - INTRODUÇÃO

A grande dinâmica espaço-temporal da agricultura brasileira, fruto de sua expansão e modernização, vem gerando um complexo inédito de problemas técnicos, produtivos, socioeconômicos e ambientais, principalmente na Amazônia.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, ao desenvolver e adaptar novas alternativas tecnológicas para a agricultura brasileira tem se preocupado em avaliar o impacto ambiental decorrente dessas tecnologias, em diferentes contextos sócio-econômicos e agroecológicos, a vários níveis de percepção. Problemas ambientais na escala do campo ou da

parcela (1:10.000 a 1:50.000 por ex.) são prioritariamente analisados e equacionados na EMBRAPA pelos centros de pesquisa de produtos e mesmo de recursos. Visando consolidar uma experiência acumulada nos últimos dez anos em pesquisa de monitoramento ambiental em escalas menores (1:50.000 a 1:250.000), a EMBRAPA criou em junho de 1989 o Núcleo de Monitoramento Ambiental e de Recursos Naturais por Satélites (NMA), sediado em Campinas. Sua equipe de pesquisadores encontra no geoprocessamento uma ferramenta de ampla aplicação, conjugada a modelagem ecológica e o tratamento de imagens. Este documento resume as principais atividades e aplicações de geoprocessamento na área de análise e monitoramento ambiental, utilizadas no NMA.

## 2 - NMA: OBJETIVOS E RECURSOS

A finalidade do NMA é a de desenvolver pesquisas, prestar assessoria e serviços à comunidade e formar pessoal, através de treinamento especializado, nas áreas de monitoramento e avaliação de impacto ambiental, decorrente de atividades agro-silvo-pastoris. Neste contexto seus principais objetivos são:

- Desenvolver, através de seus programas de pesquisa, métodos capazes de detectar, identificar, qualificar, quantificar, cartografar e monitorar o uso das terras e o impacto ambiental decorrente, gerando tecnologias aplicáveis à realidade nacional;

- Utilizar e testar produtos de teledeteção aerotransportada e espacial e de sensoriamento remoto, como instrumentos complementares de pesquisa e planejamento na área de monitoramento territorial;

- Caracterizar a estrutura, o funcionamento, as interações e o impacto existentes nos principais agro-ecossistemas e sistemas energético-mineradores e urbanos do país;

- Prestar assessoria a órgãos de planejamento e execução de âmbito federal, estadual e municipal, buscando minimizar o impacto de programas de desenvolvimento locais e regionais.

As atuais instalações do NMA compreendem 1.161 m<sup>2</sup> de área construída. O setor técnico-científico compreende 22 pesquisadores, cujas especialidades reúnem-se em duas grandes áreas integradas:

- Área de Agroecologia, com especialistas e técnicos em Ecologia Animal e Vegetal, Geologia, Zoologia, Botânica, Agronomia e Sociologia, e

- Área de Métodos Quantitativos e Processamento de Imagem, que comporta os pesquisadores em Estatística, Matemática Aplicada e Análise de Sistemas.

Todo trabalho do NMA, tanto técnico como administrativo, conta com a estrutura de um sistema informatizado que permite ágil execução de suas atividades. Tal sistema compreende os seguintes equipamentos: um micro-

computador 386; 6 PC-AT; 8 PC-XT; 5 estações gráficas (aquisição em curso); 4 mesas digitalizadoras; 4 traçadores gráficos; 1 unidade de fita magnética; impressoras matriciais, a jato de tinta e a laser. Conta-se, ainda, com os seguintes programas de apoio: Sistema Geográfico de Informações (SGI) e Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM 150), ambos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), além de diversos outros programas utilitários.

Além desses equipamentos e aplicativos, este Núcleo possui em seu acervo:

- Biblioteca, em fase de implantação, com grande volume de material bibliográfico;

- Mapoteca e Iconoteca abrigando centenas de mapas, cartas e imagens de radar e de satélites;

- Diapoteca e coleção de material fotográfico que inclui mais de 10.000 diapositivos e fotos em papel referentes a aspectos gerais de ecologia e impacto ambiental;

- Ecoteca, em fase de implantação, que reunirá espécimens vegetais (Fitoteca) e animais (Zooteca), acompanhados de dados relativos ao seu ambiente.

Todos os itens deste acervo estão catalogados através de um sistema informatizado para permitir o rápido acesso ao seu conteúdo.

Parte da equipe do NMA vem trabalhando junta há aproximadamente 10 anos, desenvolvendo projetos de pesquisas em praticamente todo território nacional e prestando serviço a cooperativas, órgãos de planejamento, entidades ambientalistas, indigenistas, do setor privado ou oficiais, incluindo também órgãos do Poder Executivo e do Ministério Público. Sua produção, anterior à criação do Núcleo, abrangeu estudos em cerca de 100 municípios brasileiros.

Com uma dotação orçamentária em torno de zero (custeio e investimento), o NMA autofinancia o conjunto de suas atividades de pesquisa e prestação de serviços. Atualmente cerca de 80% dos trabalhos em cursos empregam de forma operacional técnicas de geoprocessamento.

## 3 - APLICAÇÕES DE ANÁLISE E MONITORAMENTO AMBIENTAL NO NMA

O NMA vem realizando pesquisas em praticamente todas as regiões do país. Desde julho de 1989 está sendo executado o projeto "Monitoramento Ambiental da Amazônia (MAM)", financiado pela Fundação Banco do Brasil (FBB) e que está sendo desenvolvido em conjunto com o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) de São José dos Campos, SP. Através dele, propõe-se trabalhos e pesquisas para suprir de forma sistemática e permanente a carência de informações referentes à estrutura e funcionamento dos ecossistemas da região amazônica e ao impacto ambiental decorrentes das atividades humanas, utilizando técnicas de geoprocessamento. O MAM compreende as seguintes fases:

Implantação do subsistema de monitoramento da ocupação territorial na Amazônia;

Estruturação e implantação de um sistema de informações geográficas computadorizado na escala 1:250.000, para apoiar estudos de avaliação de impacto ambiental;

Estruturação e implantação de um sistema de tratamento de imagens digitais de satélites baseado em estações gráficas de alto desempenho;

Monitoramento da dinâmica espaço-temporal de ocupação territorial através dos satélites de alta resolução LANDSAT e SPOT;

Modelagem e previsão dos impactos ecológicos e sócio-econômicos dos processos de ocupação territorial;

Outros projetos foram também iniciados em 1989 e atualmente encontram-se em andamento.

- Atualização do perfil agro-sócio-econômico da agricultura e dos agricultores de Machadinho d'Oeste, RO;

- Modelagem matemática do impacto ambiental decorrente das atividades agrícolas de Machadinho d'Oeste, RO, utilizando técnicas de geoprocessamento;

- Elaboração, edição e publicação dos mapas de unidades de vegetação e colocações de seringueiros da Bacia do Rio Tejo, AC, utilizando técnicas de geoprocessamento;

- Caracterização do perfil sócio-econômico dos seringueiros da Bacia do Rio Tejo, AC;

- Elaboração de uma cartografia ecológica informatizada do Arquipélago de Fernando de Noronha, PE, utilizando técnicas de geoprocessamento, em colaboração com o Instituto Cultural e Científico do Arquipélago de Fernando de Noronha (ICCA);

- Desenvolvimento de metodologia para cadastramento dos bens do Serviço do Patrimônio da União no litoral paulista, SP, utilizando técnicas de geoprocessamento;

- Avaliação do impacto ambiental decorrente da construção da hidrovia no Rio Tietê, SP, utilizando técnicas de geoprocessamento;

- Caracterização do uso atual das terras no município de Itararé, SP e do impacto ambiental decorrente, utilizando técnicas de geoprocessamento;

- Qualificação e zoneamento das atividades agrícolas e unidades ecológicas no município de Campinas, SP;

- Caracterização dos sistemas agroecológicos da região do Alto Rio Grande na Serra da Mantiqueira, MG e do impacto ambiental decorrente, utilizando técnicas de geoprocessamento;

- Caracterização da paisagem e zoneamento ecológico do Maciço do Caparaó, ES e MG, utilizando técnicas de geoprocessamento.

Além da assessoria constante que o NMA presta em conjunto com o INPE, como órgão de apoio, ao Sistema de Monitoramento Ambiental e dos Recursos Naturais por Satélite (SIMARN), instituído a nível nacional pelo Decreto Presidencial Nº 97.822, de 08/07/89, foram atendidas as demandas dos seguintes órgãos oficiais:

- Procuradoria Geral da República, para quem foi desenvolvida uma metodologia visando identificar, qualificar e cartografar áreas de floresta tropical úmida propostas para criação de reservas extrativistas na Amazônia. A primeira aplicação deste estudo, utilizando técnicas de geoprocessamento, permitiu definir a reserva extrativista do Alto Juruá no Estado do Acre, com 5.060 km<sup>2</sup> e já aprovada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pela Procuradoria Geral da República;

- Comissão Especial para a Implantação do Estado do Tocantins, para quem foi definida uma metodologia visando a criação de uma base unificada de dados cartográficos para o novo Estado. Foram gerados, atualizados e digitalizados cerca de 400 mapas na escala 1:250.000, cobrindo 288.000 km<sup>2</sup> de área. Eles estão sendo utilizados no planejamento do desenvolvimento econômico e social da região, auxiliando a busca de soluções que minimizem o impacto ambiental do uso das terras;

- Instituto de Terras e Colonização de Rondônia (ITERON), para quem foi desenvolvida uma metodologia para detectar, identificar, qualificar e cartografar o uso atual das terras naquele Estado, utilizando técnicas de geoprocessamento. Uma área de aproximadamente 60.000 km<sup>2</sup>, onde a ocupação agrícola é mais intensa e, portanto, o impacto ambiental mais preocupante, foi pesquisada e mapeada, utilizando-se imagens de satélite na escala 1:250.000. Atualmente, define-se a extensão deste trabalho para outras regiões de Rondônia.

Estes trabalhos foram integralmente financiados pelas instituições contratantes.

#### 4 - ALGUMAS LIMITAÇÕES DOS MÉTODOS E RESULTADOS OBTIDOS

A equipe do NMA há cerca de dez anos vem enfrentando os problemas decorrentes da opção de acreditar e apoiar a iniciativa científica e técnica, nacional, no campo do geoprocessamento. Na prática, foi com um atraso de quase dez anos, que a pesquisa brasileira começou a desenvolver seus primeiros aplicativos na área de processamento digital de imagens e sistemas geográficos de informações.

A reserva de mercado na área de informática, entre outras razões, obrigou as instituições de pesquisa básica e aplicada a utilizarem equipamentos nem sempre adequados. Esta dualidade forjou um cenário onde "software" e "hardware" não andam sempre no mesmo passo.

Para atividades de análise ambiental, ao nível do "hardware", são necessários, além da CPU e da unidade de visualização de imagens ou placa de SGI, os periféricos: mesa digita-

lizadora, traçador gráfico, impressora e monitor colorido. No caso do NMA/EMBRAPA, as configurações dos sistemas digitais adquiridos demonstraram que o controle de qualidade parece que ainda não existe no Brasil. Vivem-se verdadeiros pesadelos. Exemplo: dos doze microcomputadores de uma das marcas mais conceituadas do país, adquiridos há cerca de dois meses, cinco foram para a assistência técnica logo após a abertura das caixas; três deles com inoperância da placa controladora de disco. As mesas digitalizadoras, adquiridas na mesma ocasião, não foram diferentes: além do fato de sua área útil corresponder a apenas 70% da área total da mesa, todos os formatos (A<sub>0</sub> e A<sub>0</sub>), apresentavam oscilações nos valores das coordenadas da borda da área útil. De três mesas A<sub>0</sub>, apenas duas funcionam com este nível de aproveitamento. A terceira precisou imediatamente do certificado de garantia: não se conseguiu nem ligá-la!

Os monitores nacionais também sofrem de uma grave deficiência: sua resolução ainda não permite detalhes rigorosos e sua qualidade é muito inferior ao que existe no mercado internacional. Em relação aos traçadores gráficos, os problemas foram idênticos. Além disso, dos traçadores gráficos com troca automática de penas, os modelos (A<sub>0</sub> e A<sub>4</sub>) ainda não estão compatíveis com o sistema de informações geográficas desenvolvido pelo INPE. O único passível de utilização imediata (A<sub>1</sub>) está no conserto há um mês, com prazos sem definição. Trata-se talvez de um assunto menor do ponto de vista dos métodos e pesquisas em geoprocessamento, mas de grande importância para quem deseja estruturar uma unidade de aplicações na área de análise e monitoramento ambiental.

Por outro lado, para aplicações de análise e monitoramento ambiental, mesmo com um AT-286 operando o SGI, ainda é bastante lento o processamento dos vetores. Daí a nova tendência das empresas em utilizarem as "workstations" importadas. No entanto, para compatibilizá-las com o SGI, torna-se necessário desenvolver a migração dos programas. O NMA, em colaboração com o NTIA e o INPE, está investindo nessa perspectiva mas ainda estamos muito distante dessa possível futura migração.

Mas o "hardware" representa só uma face da moeda. Apenas com estes equipamentos são possíveis as apli-

cações dos "softwares" desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Espaciais que, apesar do aprimoramento de suas novas versões, ainda apresentam limitações para aplicações em monitoramento ambiental, apresentadas a seguir. Elas podem parecer detalhes, mas são graves entraves operacionais para as aplicações em questão. A partir dos módulos principais do SGI (definição, entrada, manipulação, conversão e saída), pode-se tecer os seguintes comentários.

Em relação ao menu de definição, deve ser criticada em primeiro lugar a incompatibilidade das versões 1 e 2 do SGI. Os dados informatizados com a primeira versão não são reconhecidos pela segunda e vice-versa. O que fazer com os arquivos velhos? Para quem vem utilizando o sistema intensamente, desde sua criação, isso representa dificuldades operacionais significativas.

Ainda sobre este módulo, sugere-se a possibilidade de definir parâmetros de PI's antes mesmo da definição do projeto. Isto evitaria a obrigatoriedade de visualizar planos imensos - como por exemplo em nossas aplicações, toda a rede hidrográfica do estado do Acre - antes de qualquer outra possível utilização ou manipulação de determinado plano de informação. Da mesma forma, já estando-se numa visualização ampliada ("zoom"), seria bem mais eficiente poder pedir um outro "zoom" de uma parte diferente do PI sem a necessidade de restaurar a janela de enquadramento. Procedimento rotineiro em análise e monitoramento ambiental, mas de difícil operacionalidade no atual sistema. Outro problema da definição refere-se à impossibilidade de obtermos uma união de projetos, mesmo que estejam na mesma projeção e escala. No caso do zoneamento agroecológico do estado de Tocantins, por exemplo, este fato nos obrigou a gerar vários projetos (mais de uma dezena) para cada divisão do mapa índice.

A ausência de digitalizadores automatizados como "scanners", no mercado nacional, faz o processo de entrada de dados moroso e cansativo. No módulo de entrada, o nº de pontos para uma linha poderia ser acumulativo e não limitado em 1000. As considerações feitas acima sobre as opções de "zoom" valem também para os processos de digitalização e identificação de linhas ou áreas. As funções de edição também poderiam ser mais versáteis, permitindo, por exemplo, a supressão de pedaços de linhas

marcados "modo mesa ou tela". Ainda em termos de entrada de dados, também deve ser mais versátil e compatível com as necessidades de expressão cartográfica a geração de legendas e a entrada de textos. Para legendas extensas, seria importante dispor de um editor de textos e tabelas.

Os módulos de conversão e manipulação são os mais importantes para a aplicação dos sistemas de informações geográficas em cartografia ecológica. Permitem a sobreposição, cruzamento ou ponderação entre vários planos de informação, assim como a geração de cartas de declividade, imagens sintéticas e a transformação de uma informação do formato vetor para varredura e vice-versa. Tratam-se de funções muito utilizadas no tratamento dos dados cartográficos na geração de zoneamentos agroecológicos e propostas de ordenamento territorial. Neste âmbito, nos ocorre apenas a sugestão da necessidade do desenvolvimento de alguma função de correção geométrica para os casos onde não há coincidência entre o dado fotointerpretado e digitalizado com a base cartográfica disponível.

Finalmente, para o módulo de saída, é de grande importância a prévia disponibilidade de uma biblioteca de convenções cartográficas, além da já possível criação de um banco de símbolos.

## 5 - CONCLUSÕES

Para o monitoramento e a análise ambiental das atividades agrícolas, os caminhos do desenvolvimento prático e tecnológico da informática no campo dos sistemas de informações geográficas passa pela intensa cooperação entre pesquisa básica e aplicada, assim como entre programadores e usuários. Nessa ótica, o relacionamento entre os pesquisadores do NMA/EMBRAPA e do INPE/SCT tem sido muito positivo. Do ponto de vista institucional, o esforço feito pelo Instituto de Pesquisas Espaciais no desenvolvimento destes "softwares" deveria ser mais apoiado interna e externamente. Na prática, pelo nosso juízo, ainda é o que tem-se de melhor e mais operacional hoje no mercado nacional para atividades de pesquisa em análise e monitoramento ambiental. A colaboração efetiva e frutuosa com o INPE, e em particular com o DPI/INPE, é que tem estimulado a sugestão de melhorias e aprimoramentos

em nosso campo de aplicações, mesmo com a já exposta limitação dos "hardwares" disponíveis no mercado brasileiro.

A dezena de aplicações mais significativas de geoprocessamento desenvolvidas no âmbito do NMA, quase sempre aliam o tratamento de imagens de satélite e a modelagem ecológica. Nesse campo os resultados mais significativos e abrangentes estão sendo obtidos na avaliação do impacto das atividades agrícolas em floresta tropical úmida em Rondônia e no campo do zoneamento agroecológico e de apoio ao ordenamento territorial no Tocantins e em Fernando de Noronha. A escala dominante desses trabalhos varia entre 1/50.000 e 1/250.000. A curto prazo o NMA deverá investir na generalização desses resultados para áreas maiores de Rondônia e nos estados de Roraima, S. Paulo e Amapá. O planejamento do ordenamento territorial e do impacto ambiental da hidrovía do Tietê, em fase adiantada de negociação com o Consórcio de Prefeitos da Região e o Governo do Estado de S. Paulo, poderá representar uma nova e futura aplicação operacional do geoprocessamento pelo NMA, numa escala ainda maior do que as obtidas até o momento. Na mesma magnitude de desafio pode-se citar a busca conjunta do NMA/EMBRAPA, NTIA/EMBRAPA e INPE/SCT em operacionalizar a migração do SGI para estações de trabalho. A abertura do mercado de importação e as mudanças na Lei de Informática também deverão produzir alterações nos procedimentos e tecnologias empregados até agora. Mas fica a certeza de que a nível da EMBRAPA, e em particular do NMA, o geoprocessamento representa uma ferramenta para a análise e o monitoramento ambiental das atividades agrícolas que veio para ficar.

Evaristo Eduardo de Miranda é Doutor em Ecologia, Chefe do Núcleo de Monitoramento Ambiental e de Recursos Naturais por Satélites (NMA/EMBRAPA) e Presidente do Instituto Cultural e Científico do Arquipélago de Fernando de Noronha (ICCA).

