

UTILIZAÇÃO DE DADOS EXÓGENOS E SATELITÁRIOS (SPOT - XS)  
PARA O ESTUDO DA VEGETAÇÃO.  
Aplicação no Estado de Rondônia - Brasil

Lorene Bastos Lage  
François Blasco

Institut de la Carte Internationale de la Végétation  
(Université Paul Sabatier - CNRS URA 688)  
39, Allées Jules Guesde  
31062 Toulouse Cedex  
FRANCE

RESUMO

O objetivo deste trabalho é, essencialmente, de identificar e mapear as principais unidades de vegetação, cobrindo uma zona-teste, situada em Rondônia, a partir de dados SPOT. Sua originalidade se deve ao esforço feito, visando uma melhor integração dos dados exógenos (mapas topográficos, temáticos e bibliografia disponível) aos dados satelitários (cena SPOT, multiespectral, oblíqua), pela interpretação visual e análise digital. No contexto brasileiro, os dados dos satélites de alta resolução geométrica, devem ser considerados como instrumentos indispensáveis. Na realidade, a partir dos anos 70, nenhuma outra cobertura radar foi realizada e as fotografias aéreas, cobrindo áreas limitadas, requerem trabalhos de interpretação e de campo longos e onerosos. No que diz respeito às imagens satelitárias, a experiência demonstra que, apesar de uma importante cobertura de nuvens na Amazônia, a aquisição de produtos de boa qualidade é possível.

ABSTRACT

The aim of the study is to identify and to delineate, from SPOT data, the main vegetation units, covering an area in Rondônia (Brazil). A special attention is paid in integrating additional data (topographic and thematic maps, available bibliography, etc.) to satellite data (a multispectral, oblique SPOT scene) using visual image interpretation and digital processing. In Brazil, high spatial resolution satellites must be considered as absolutely necessary tools. Actually, no other RADAR acquisition has been obtained since the seventies. Large scale aerial photography interpretation requires a long and expensive work. As far as satellite data are concerned, the experience shows that it is possible to acquire good quality products, despite an important cloud coverage in Amazonia.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais do mundo, que cobrem aproximadamente 9% das terras emersas (Achard, 1989) vêm sendo alvos, a partir dos anos 60, de um desmatamento intenso, conduzindo à uma degradação dos recursos naturais e do meio ambiente. Numerosos são os trabalhos existentes sobre este tema.

De acordo com Blasco e Achard (1990), não se dispõe atualmente, de instrumentos que permitam monitorar convenientemente, a nível global, a regressão dessas florestas. No entanto, as estimativas mostram um aumento recente expressivo dos desmatamentos na zona tropical úmida, particularmente na Amazônia, na Indonésia e no oeste Africano (Justice et Alli, 1985; Townshend et alli, 1987; Malingreau et alli, 1989). As implicações exatas de um tal processo não são ainda suficientemente conhecidas.

O processo de ocupação recente da Amazônia brasileira pode ser resumido pelas etapas seguintes :

- 1960/1980 - construção dos principais eixos rodoviários; início das importantes subvenções do governo para atrair os investimentos nacionais e internacionais, necessários à implantação dos projetos agropecuários e à exploração dos recursos minerais e madeireiros;

- 1980/1989 - redução dos incentivos fiscais e concentração dos investimentos nas zonas mais produtivas;

- à partir de 1989 - revisão geral da política e supressão dos incentivos fiscais para os projetos agropecuários na Amazônia Legal (4.906.784,4km<sup>2</sup> - INPE, 1989).

Rondônia (243.044 km<sup>2</sup>), limite sudoeste do domínio amazônico, é particularmente envolvida em projetos de colonização públicos ou privados. Seu nome evoca, a nível mundial, um desmatamento desmesurado, que destrói partes de um patrimônio ainda pouco estudado pelos cientistas. Na realidade, a explosão demográfica verificada nesse Estado (70.738 hab. em 1960; 909.938 em 1985, segundo Alvares Afonso e Tourinho, 1989 e, mais de 1 milhão de habitantes atualmente), foi acompanhada pela conversão de milhões de hectares de vegetação natural a diversos tipos de utilização.

No contexto brasileiro, a evolução das técnicas do sensoriamento remoto a nível orbital, com instrumentos de alta resolução geométrica (SPOT, LANDSAT-TM), deve permitir otimizar as ações de desenvolvimento integrado, necessárias à utilização racional dos recursos naturais amazônicos. Na realidade, a cobertura radar realizada na década de 70 não foi renovada e o método tradicional de levantamento aerofotogramétrico requer, nesta região, trabalhos de interpretação e de campo longos, difíceis e onerosos. Quanto às imagens satelitárias, a experiência demonstra que, apesar de uma importante cobertura de nuvens na Amazônia, a aquisição de produtos de boa qualidade é possível.

## 1. ZONA DE ESTUDO

A zona de estudo, coberta por uma cena SPOT, situa-se no Estado de Rondônia (11° e 11°50' de latitude Sul e 61° 61°50' de longitude Oeste, Fig. 1). Ela inclui partes dos municípios de Pimenta Bueno, Cacoal e Rolim de Moura.

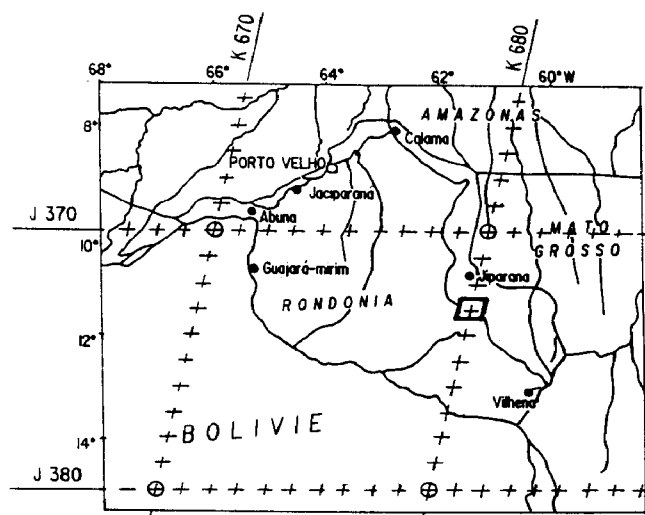


FIGURA 1 - Localização da zona de estudo

Sobre uma topografia suavemente acidentada, a composição colorida evidencia uma cobertura vegetal diversificada, muito fragmentada que compreende, principalmente: floresta tropical densa; floresta tropical aberta; zonas de savana e zonas de mosaico savana/floresta.

O tipo de solo que é predominante é o Cambissolo tropical eutrófico, característico das áreas de savana e dos mosaicos savana/floresta. É sobre o Podzol vermello-amarelo eutrófico que a floresta tropical pôde se constituir e se manter. Outros tipos edáficos ocupam áreas restritas.

Na imagem aparece claramente o rio Jiparaná (ou Machado), importante afluente do rio Madeira, que atravessa a zona de estudo no sentido SE-NW. Observa-se também a BR-364, eixo principal a partir do qual se desenvolveu uma densa malha rodoviária secundária.

As interferências antrópicas são bastante visíveis sobre a composição colorida. Elas representam a extensão da pecuária e do desenvolvimento recente da agricultura. A exploração dos recursos madeiros é realizada, nessa área, sob a forma de "extração seletiva".

Apresentamos, neste trabalho, os resultados obtidos a partir da análise digital efetuada sobre uma das "janelas", extraídas da cena SPOT.

## 2. DADOS UTILIZADOS

- Dados de sensoriamento remoto, cena SPOT (680/373 de 30/07/88), através dos seguintes produtos:

- fita compatível com o computador (CCT), destinada à análise digital;

- imagem fotográfica, restituída em composição colorida, na escala 1:100.000 e que é a base da fotointerpretação.

- Dados auxiliares:

- mapas topográficos na escala 1:100.000, folhas Rio Pardo, Presidente Médici, Cacoal e Pimenta Bueno (IBGE, 1977);

- bibliografia disponível e, especialmente o levantamento de recursos naturais do projeto RADAMBRASIL (vol. 16, 1978), com seu conjunto de cartas temáticas na escala 1:1.000.000.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada compreende 2 grandes partes:

- Estudo detalhado das características da zona, realizado a partir da bibliografia disponível e que serve de base aos trabalhos de fotointerpretação;

- Utilização da cena SPOT

- fotointerpretação, fundamentada em critérios de interpretação tais como: cor, textura, estrutura, dimensão e forma dos objetos;

- análise digital, representada pelas seguintes etapas: realçamento da imagem, treinamento, classificação e interpretação dos resultados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

##### - Fotointerpretação

A partir da interpretação da composição colorida e dos dados complementares disponíveis, elaborou-se um mapa de uso do solo na escala 1:100.000. A nomenclatura provisória estabelecida, para a cena SPOT em questão, comporta 9 classes :

##### - Vegetação natural

- 1 - Floresta tropical densa
- 2 - Floresta tropical aberta
- 3 - Savana arbórea
- 4 - Mosaico savana/floresta

##### - Áreas degradadas

- 5 - Vegetação secundária
- 6 - Solos desnudos erodidos
- 7 - Zona úmida e/ou queimada
- 8 - Culturas e/ou Pastagens
- 9 - Aglomerações

A estas classes identificadas deverão ser, provavelmente acrescentados, por ocasião dos trabalhos de campo, temas e precisões suplementares.

##### - Análise digital

A análise digital foi realizada no ICIV, utilizando o programa DIDACTIM, num IBM PC - AT, equipado de uma carta gráfica "Number Nine". Este programa, compreende essencialmente 2 módulos : as funções de manipulação e de análise digital ("janelas" de 512 x 512 pixels) e o módulo pedagógico (EAO - Aprendizagem Assistida por Computador).

Os 3 canais originais SPOT (XS1, XS2 e XS3) foram analisados separadamente. O mesmo foi efetuado para os "falsos canais" criados :

- Índice de vegetação (IVG) e Índice de Brilho (IB), calculados a partir de combinações dos canais Vermelho e Infravermelho Próximo;

- Transformação por Componentes Principais (TCP), dos três canais originais, onde os dois primeiros componentes congregam, cerca de 99% da informação total.

Desta análise resulta :

- XS1 (0,50-0,59 $\mu$ m) e XS2 (0,61-0,68 $\mu$ m) são canais bastante correlacionados, permitem evidenciar o contraste dos temas solo/vegetação; XS2 é um canal que deve ser conservado;

- IVG apresenta um resultado comparável a XS2;

- XS3 (0,79-0,89 $\mu$ m) é o canal Infravermelho Próximo onde as formações florestais se distinguem dos outros temas, principalmente por sua textura rugosa e grosseira;

- IB oferece um resultado comparável a XS3;

- TCP - CP1 : resultado comparável a XS2 e IVG;

CP2 : resultado comparável a XS3 e IB.

Diversas combinações de composição colorida (CC) foram efetuadas. O objetivo é de se obter não somente a imagem mais contrastante, mas também a que oferece a maior precisão, em relação à discriminação dos diferentes tipos de vegetação. Assim, a CC que serviu à análise digital foi aquela realizada com IB (vermelho), CP1 (verde) e XS2 (azul).

A fase de treinamento consiste em delimitar, sobre a composição colorida, "polígonos-testes" representativos dos diversos temas presentes na "janela". Para cada um desses polígonos, como também para o conjunto de classes obtêm-se automaticamente, dados estatísticos que permitem avaliar a homogeneidade, heterogeneidade das amostras e das classes, de forma a otimizar o resultado da classificação (Tab. 1).

TABELA 1  
MÉDIA DAS CLASSES EM CADA CANAL

	XS2	IB	CP1
1 : Floresta aberta	17.90	42.88	35.98
2 : Savana	20.63	38.96	59.98
3 : Vegetação secundária	31.91	49.70	108.20
4 : Solo desnudo tipo 1	35.25	42.80	135.89
5 : Solo desnudo tipo 2	24.88	35.36	89.98
6 : Agua	19.19	19.67	90.28

O método "baricêntrico", empregado para a classificação se baseia na distância euclidiana clássica. Cada classe é caracterizada por sua média e desvio-padrão, em cada canal.

A utilização dos 3 canais anteriormente citados (IB, CP1 e XS2) melhora sensivelmente o resultado da classificação. Esta foi a única combinação que permitiu identificar, de maneira precisa, a classe "savana", superestimada em outros métodos e combinações empregados. A repartição, em termos percentuais, dos temas nesta "janela" é a seguinte : 41,80% para a classe floresta aberta; 17,45% de savanas; 9,29% de vegetação secundária; 10,70% e 17,50% respectivamente para os solos desnudos de tipo 1 et 2; 1,07% representa os "pixels" não classificados.

A qualidade deste resultado provisório pode ser também avaliada, por uma matriz de confusão (Tab. 2), estabelecida no final da classificação.

**TABELA 2**  
**MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO**  
**BARICÊNTRICA**

	0	1	2	3	4	5	6
1	09	97.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	3.6	96.1	0.0	0.0	0.3	0.0
3	0.2	0.0	0.2	79.3	8.3	12.0	0.0
4	1.6	0.0	0.0	6.8	88.2	3.4	0.0
5	0.0	0.0	1.4	10.3	2.4	86.0	0.0
6	2.2	0.0	4.1	0.0	0.0	3.8	89.9

## 5. CONCLUSÃO

A utilização de dados satelitários de alta resolução geométrica permitiu identificar a mapear as principais unidades de vegetação (primárias ou secundárias) e de ocupação do solo de forma detalhada, utilizando métodos de classificação relativamente simples. São essencialmente os canais XS2 (Rouge) e XS3 (Infravermelho Próximo) que reúnem a maior parte da informação útil, registrada pelo satélite.

## AGRADECIMENTOS.

Os autores agradecem a Dra M.F. BELLAN por sua valiosa ajuda, principalmente na fase de análise digital. Os agradecimentos são também extensivos ao Instituto de Pesquisas Espaciais por ter fornecido o material de sensoriamento remoto necessário e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela atribuição de uma bolsa de pesquisa de Doutorado a Lorene Bastos Lage.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ACHARD F. Etude des Rythmes Saisonniers de la Végétation en Afrique de l'Ouest par Télédétection Spatiale, Thèse Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (France), 243 p., 1989.
- ALVARES AFONSO F.M.; TOURINHO M.M. Organização Agrária, Ecologia e Agricultura em Rondônia; 44 p., 1989.
- BASTOS LAGE L. Inventaire du Couvert Végétal à l'Aide des Données Satellitaires et Exogènes, DEA/Ecologie, Université Paul Sabatier, Toulouse (France); 69 p., 1989.
- BLASCO F.; ACHARD F. Analysis of Vegetation Changes Using Satellite Data, Soils and the Greenhouse Effect : 303-310, 1990.
- INPE. A tecnologia Espacial no Estudo da Floresta Amazônica, Espacial, ano XVIII (73), 1989.
- JUSTICE C. O.; TOWNSHEND J.R.G.; HOLBEN B.N.; e TUCKER C.J. Analysis of the Phenology of Global Vegetation Using Meteorological Satellite Data, International Journal Remote Sensing, 6 (8) : 1271-1318, 1985.

MALINCRAU J.P.; TUCKER C.J.; LAPORTE N. AVHRR for Monitoring Global Tropical Deforestation, International Journal Remote Sensing, 10: 885-867, 1989.

METZGER J.P.; DE CASTRO I. Etude bibliographique de la Déforestation en Amazonie Brésilienne : causes et effets sur le milieu naturel, DESS "Aménagement", UNESCO, Paris, 80 p., 1989.

TOWNSHEND J.R.G.; JUSTICE C.O. e KALB V. Characterization and Classification of South American Land Cover Types Using Satellite Data, International Journal Remote Sensing, 10 (8) : 1189-1207, 1987