

## Sensoriamento Remoto aplicado ao Uso da Terra

Admilson Penha Pachêco, *UFPE Recife*

Nilton de Souza Ribas, *UFPE Recife*

1. Introdução
2. Fundamentação teórica
3. Materiais e Métodos
4. Resultados e Discussão
5. Conclusão
6. Referências bibliográficas

### Resumo

### 1. Introdução

A expressão "uso da terra" pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração no ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água são conseqüências do mau uso do solo. O levantamento do uso da terra numa dada região tornou-se um aspecto fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Entretanto, as medidas para o planejamento do uso da terra têm sido, até recentemente, baseadas em informações fragmentadas sobre os efeitos do uso do solo no ambiente. Isto ocorria porque não existia registros seguros sobre as condições de uso da terra, não se podendo avaliar as alterações que são provocadas pelo homem. A utilização de dados atualizados de uso e revestimento da terra é muito ampla, podendo-se citar por exemplo: inventário de recursos hídricos, controle de inundações, identificação de áreas com processos erosivos avançados, avaliação de impactos ambientais, formulação de políticas econômicas, etc. No entanto, não existe classificação de revestimento e uso da terra que seja única e ideal. Cada classificação é feita de forma a atender as necessidades do usuário, adaptadas à região. O conhecimento atualizado da distribuição e da área ocupada pela agricultura, vegetação natural, áreas urbanas e edificadas, bem como informações sobre as proporções de suas mudanças, se tornam cada vez mais necessárias aos legisladores e planejadores. Desse modo, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso do solo, para que suas tendências possam ser analisadas. Neste contexto, o sensoriamento remoto constitui-se numa técnica de grande utilidade, pois permite em curto espaço de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso da terra. O levantamento do uso da terra numa dada região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço Santos et al. (1981).

O advento dos satélites de sensoriamento remoto tem favorecido, nos últimos anos, a realização de levantamentos à distância de variações físicas e químicas da superfície terrestre em áreas extensas e inóspitas, favorecendo, principalmente, os mapeamentos e monitoramentos sazonais da superfície da Terra. A composição espectral do fluxo radiante proveniente da superfície da Terra produz informações sobre propriedades físicas, químicas e biológicas de solos, vegetações e águas que caracterizam o sistema terrestre (Huete,1988).

Os sensores hiperespectrais, que registram grande quantidade de informações em faixas espectrais muito estreitas, aparecem atualmente como uma alternativa extraordinária à análise e monitoramento do uso da terra. Estudos da vegetação a partir de dados hiperspectrais do sensor AVIRIS (aeronave) integrados com dados de Landsat/TM (orbital) e radiométricos (campo), no visível e infravermelho, tem sido muito explorado ultimamente (Huete e Warrick, 1990; Spanner et al. 1994). Segundo Collwel (1983) , Jensen (1986) e Novo (1989) a visão sinóptica e os aspectos multiespectral e multitemporal dos sensores orbitais, aliada ao crescente desenvolvimento de sistemas computacionais (hardware e software) de tratamento digital de imagens, caracteriza o sensoriamento remoto como uma tecnologia imprescindível no estudo e na análise das variações ambientais terrestres.

A corrida espacial deu nova dimensão ao sensoriamento remoto, impulsionado pelo rápido desenvolvimento de sofisticados sistemas sensores, plataformas de aquisição de imagens multiespectrais e programas de processamento digital de imagens. Este avanço tem-se voltado para o desenvolvimento da capacidade de aquisição de dados múltiplos e de diferentes técnicas de análise de dados ( Lillesand e Kiefer, 1987). As técnicas de processamento evoluíram velozmente em tempos mais recentes, através de sua migração para sistemas de computação digital. A década de 80 trouxe a explosão tecnológica dos processadores digitais e uma queda acentuada nos custos envolvidos. Esses fatores causaram fortes reflexos na computação gráfica, na qual se baseia o processamento digital de imagens. Em conseqüência, os sistemas especializados no processamento de imagens de sensoriamento remoto ficaram ao alcance de uma comunidade muito maior de usuários, sendo comum encontrá-los hoje nas universidades, instituições públicas, empresas públicas e privadas e até mesmo em escolas (Crosta,1992).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo fazer uma abordagem de uma aplicação de sensoriamento remoto no estudo do uso da terra, visando a realização do recadastramento de imóveis rurais no Estado de Pernambuco para o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

## **2. Fundamentação teórica**

O processamento digital de imagens de sensoriamento remoto trata especificamente das técnicas utilizadas para identificar, extrair, condensar e realçar a informação de interesse para determinados fins, a partir de uma enorme quantidade de dados multiespectrais que usualmente compõem essas imagens. O conceito múltiplo é facilmente entendido, quando, ao analisar as imagens, observa-se que diferentes objetos ou materiais apresentam características próprias (tons de cinza, forma, padrão, etc.) que vão se modificando ou assumindo novas características, conforme sejam observadas em imagens de diferentes bandas espectrais (Meneses, 1988). No sensoriamento remoto a identificação e distribuição dos objetos ou materiais é feita pelas suas diversas características espectrais expressas nas várias bandas de um sensor. Por sua vez, quanto maior for o número de imagens e bandas, que a complementem, maior será o volume de dados, tornando-se necessário o uso de técnicas automáticas de análise, que pela versatilidade própria dos computadores, introduz múltiplas formas de abordagem de dados ( Lillesande e Kiefel, 1987). Slater (1980), afirma que os sistemas sensores multiespectrais são idealizados para atender a uma

multidisciplinaridade de aplicações. Ao especialista e usuário de sensoriamento remoto é exigido um mínimo de conhecimento sobre as propriedades físicas e químicas dos diferentes materiais que compõem a superfície do terreno, pois a informação espectral que estará contida em cada elemento de resolução do terreno (pixel), será uma integração do conjunto de propriedades destes materiais (normalmente vegetação, solo, rocha e água). Portanto, para um entendimento melhor do conceito de sensoriamento remoto, devemos ter sempre em mente que todo o processo de observação e obtenção de informação está agrupado em três parâmetros intimamente correlacionados: resolução espacial, resolução espectral e resolução radiométrica. Segundo Collwel (1983), dados de comportamento espectral da vegetação mostram que estudos relacionados com a diferenciação de solo e vegetação, diferenciação entre vegetação coníferas e decíduas, reflectância da vegetação verde, absorção de clorofila, diferenciação de espécies vegetais, levantamento de biomassa e medidas de umidade de vegetação predominam a utilização de janelas atmosféricas do visível ( 0,45 - 0,72 m m ) e infravermelho próximo ( 0,76 - 1,75 m m ). Estudos relacionados com estresse térmico em plantas e mapeamento termal predomina a utilização de faixas espectrais do infravermelho termal (8 - 14 m m).

Curran (1985), diz que o sensoriamento remoto ampliou a capacidade do homem em obter informações sobre os recursos naturais e o meio ambiente, colocando-se como mais uma ferramenta complementar para facilitar trabalhos temáticos e de levantamentos. Segundo Novo (1989), as principais vantagens que justificam os programas de sensoriamento remoto orbital são as seguintes: estímulo às pesquisas multidisciplinares; informações de áreas de difícil acesso; universalização dos dados e das técnicas de tratamento e análise de dados digitais; facilidade do recobrimento de grandes áreas (visão sinóptica); cobertura repetitiva com mesma hora local; grande quantidade de dados pontuais, sobre uma mesma área; transferência de dados Satélite/Terra em tempo real; e o aspecto multiespectral, isto é , a capacidade dos sistemas sensores gerarem produtos em diferentes faixas espectrais, tornando possível o estudo e análise de diferentes elementos, os quais são identificados em determinadas faixas do espectro.

Algumas aplicações de sensoriamento remoto no estudo uso da terra são discutidas a seguir. Pinto (1983), empregou dados Landsat/MSS ( Multiespectral Scanner Subsystem) para a identificação de áreas com risco de erosão do solo. A partir da correlação de dados de frequência de ravinas (extraídos de fotografias aéreas), com dados de densidade de cobertura vegetal (extraídos de imagens de satélite), chegou a compor uma escala de risco de erosão. Concluiu que os dados do MSS permitiram o levantamento indireto de áreas de risco de erosão, principalmente, através da variação do índice de cobertura vegetal. Pontes et al. (1990), empregando imagem Landsat TM-5, na banda 5, realizaram processamento digital e observaram que a alta reflectância está relacionada aos sedimentos paleozóicos e areias coaluviais, com cobertura vegetal tipo campo, e que a média e baixa reflectância estão relacionadas com aluviões em zona de alta umidade. Paradela et al. (1990), fazendo uso de imagens Landsat/TM e Spot/HRV em mapeamento geológico, combinando-as e processando-as automaticamente, mostraram que as discriminações litológicas podem ser melhoradas pela combinação da banda pancromática do Spot (elevada resolução espacial), com as bandas do infravermelho do TM, e que a visão estereoscópica das imagens obtida pelo Spot pode ser combinada com os produtos TM realçados digitalmente, na otimização da interpretação na escala de detalhes. Formagio et al (1995), identificaram 14 classes de solo de maior ocorrência e de grande significância pedológica e agrícola do Estado de São Paulo. Através das características multiespectrais destes solos, eles definiram 4 tipos padrões de curvas espectrais. Morais et al. (1995), elaboraram um mapa de uso da terra de uma área de reconhecidamente ocupada por florestas e pastagens na região de Rodônia, e a partir desta área, extrapolaram a classificação do uso da terra para uma área maior. Para tanto, utilizaram técnicas processamento digital em imagens Landsat TM-5. Demattê e Garcia (1995), utilizando

dados digitais do Landsat TM-5 processado pelo SITIM ( Sistema de Tratamento Digital de Imagens), na discriminação de solos desenvolvidos em rochas eruptivas no Estado do Paraná, concluíram que a aplicação de técnicas multiespectrais, podem trazer informações complementares para o mapeamento de solos, havendo com isso, ganho de tempo e maior precisão na delimitação das unidades de mapeamento. Simões et al. (1995), propuseram a criação de uma cooperativa de dados ambientais, através do Sistema de Informações Georeferenciadas de solos da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Na alimentação deste sistema poderiam ser destacadas as imagens de satélites como fontes de informações geográficas. Santos et al. (1995), com o objetivo de demonstrar a eficiência de produtos orbitais, utilizaram imagens Landsat TM-5 no mapeamento do uso atual das terras e da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Canduru-Açu. Obtiveram resultados satisfatórios com imagens em composição colorida na escala 1:100.000. Huete & Warrick, 1990 e Spanner et al. 1994 realizaram estudos sobre a abundância, composição e produtividade da vegetação através de técnicas de sensoriamento remoto, fundamentadas em índices espectrais de diferenças da vegetação normalizados (NDVI). Bausch, (1993) e Liu & Huete (1995) enfatizaram a dificuldade gerada pela influência das componentes de energia radiante refletida pela atmosfera e solo na estimativa de índices de espectrais (NDVI). Levantamentos e monitoramentos globais da vegetação tem sido realizados a partir da utilização de índices espectrais (NDVI) obtidos a partir de dados do satélite meteorológico NOAA-7 (Tarpley et al. 1984; Spanner et al. 1990).

### **3. Materiais e Métodos**

A área de estudo foi definida em uma propriedade rural de 515 hectares de área localizada ao sul da Zona da Mata do Estado de Pernambuco, limitada pelas coordenadas - 8°19'17" e - 35°11'32" . A metodologia envolveu a definição dos limites de propriedade e a caracterização do uso da terra.

A definição dos limites do imóvel rural foi realizada através de levantamentos com GPS (Sistema de Posicionamento Global) pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Técnicas de processamento digital de imagens de satélite de sensoriamento remoto e trabalhos de campo foram utilizadas no mapeamento do uso da terra.

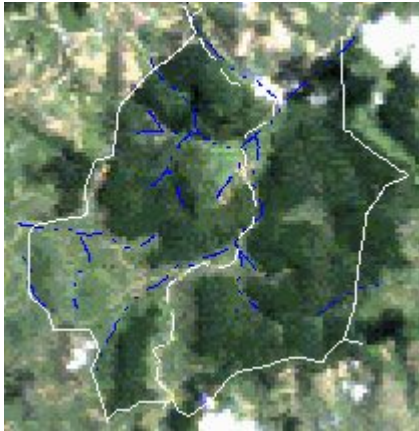
Inicialmente, analisou-se as imagens de satélite de sensoriamento remoto disponível no mercado em termos de performance para o desenvolvimento do trabalho. Levou-se em consideração os aspectos espectral e espacial, e a relação custo benefício. Chegou-se a conclusão que as imagens Landsat TM-5 eram as mais adequadas ao estudo devido, principalmente, a disponibilidade de um maior número de bandas espectrais para a análise digital dos dados. Adquiriu-se a imagem Landsat TM-5 (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 cena inteira) mais recente que apresentava o menor percentual de cobertura de nuvens (30%).

Composições de Imagens Landsat TM-5 da área em estudo foram analisadas no sistema de processamento digital de imagens ERDAS-8.2. O processo de interpretação digital da imagem Landsat TM-5 foi inicializado com a análise das melhores combinações de bandas para o estudo do uso da terra. Em seguida, foi realizado o processo de retificação da imagem. Diferentes técnicas de processamento digital de imagens foram utilizadas com o objetivo de realçar e classificar feições. As técnicas de realce espectral e radiométrico permitiram uma melhor extração dos diferentes temas da imagem. As técnicas de filtragem espacial permitiram uma melhor caracterização da estrutura viária da região. Técnicas de classificação multiespectral não supervisionada e supervisionada, auxiliadas por levantamentos de reconhecimento de campo com GPS, foram utilizadas à geração do mapa temático da propriedade em estudo.

No processo de retificação da imagem Landsat TM-5, identificou-se 5 pontos de controle bem distribuídos sobre a imagem da propriedade rural em estudo e obteve-se seus homólogos através de levantamentos com o GPS (Sistema de Posicionamento Global). Utilizou-se o receptor diferencial TRIMBLE 4000 SST (precisão nominal de  $1 \pm 2$  ppm.) com comprimentos de onda L1 (19 cm) e L2 (24 cm). A base de referência escolhida foi estação da CELPE (Companhia Elétrica de Pernambuco) localizada no município do Cabo a aproximadamente 10 km do imóvel. A identificação dos pontos foi auxiliada pelo GPS de navegação GAMIN 45 (precisão nominal de 100 metros). O tempo médio de observação para cada ponto foi de 50 minutos. Utilizou-se o Programa GPSsurvey para o tratamento dos dados. As coordenadas geodésicas relativas a estes pontos foram repassadas para o ERDAS através do editor GCP (grupo de pontos de controle). Utilizou-se o método de reamostragem "vizinho mais próximo" e a imagem foi georeferenciada para o sistema de projeção UTM (Universal Transverse of Mercator) pelo o datum SAD69 (South American Datum).

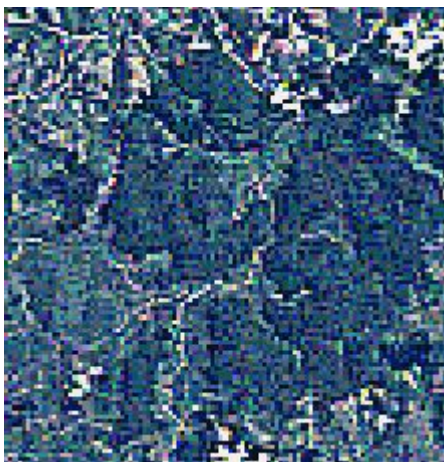
O limite de propriedade fornecido pelo INCRA foi digitalizado através de uma mesa digitalizadora (A<sub>1</sub>) no software AutoCad 14 e exportados para a extensão .dxf.. Este arquivo foi importado para o ERDAS-8.2 na extensão .ovr . O arquivo .ovr foi implementado sobre a imagem Landsat TM-5 de 6 bandas através do módulo "anotation" (Ver Figura 1).

Inicialmente, analisou-se as diferentes combinações de bandas com o objetivo de identificar preliminarmente os diferentes usos e de definir as melhores composições de bandas para a caracterização do uso da terra no imóvel em estudo. Utilizou-se o processo de filtragem digital (passa alta) com um filtro (3x3) para identificação de bordas e limites (Ver Figura 2). Testou-se diferentes modelos de índices espectrais de diferença de vegetação normalizados (NDVI) com a finalidade de discriminar as coberturas vegetais existentes. Paralelamente, realizou-se o realce espectral (equalização de histograma) e o realce radiométrico (componentes principais) com o objetivo de enfatizar algumas feições. Estes testes foram realizados nas composições espectrais (3, 2 1) e (6, 4, 1), separadamente, em janelas do ERDAS-8.2, com o objetivo de preservar os níveis de cinza da imagem original a ser classificada. De posse destas informações complementares, iniciou-se o processo de classificação multiespectral na imagem (3, 2, 1). Inicialmente, fez-se uma classificação não supervisionada utilizando o programa "Isodata" ( Gonzalez,1974). Estabeleceu-se o número de classes de acordo com o que foi observado visualmente e através dos subsídios fornecidos pelas técnicas de interpretação digital testadas anteriormente. Em seguida, iniciou-se o processo de classificação supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança (Hord, 1982). Amostras de treinamento representativas das classes em estudo foram extraídas da imagem com simultâneo trabalho de reconhecimento de campo com GPS. Retirou-se 4 amostras para cada classe. Estas amostras foram mescladas de forma que a soma total foi representada numa única amostra para cada classe. A imagem foi classificada pelo critério de decisão "Baysiano" e a precisão da classificação foi avaliada pela matriz de contingência.



**Figura 1:**

Imagem Landsat TM-5 (Bandas 3, 2 e 1) da área de estudo com o limite de propriedade (branco) e hidrografia (azul)



**Figura 2:**

Efeito da Filtragem Espacial (passa alta) sobre a Imagem Landsat TM-5 (Bandas 3, 2 e 1)

#### **4. Resultados e Discussão**

Os resultados abordado neste trabalho são relativos a uma propriedade rural de 515 hectares de área utilizada como referência para o recadastramento de imóveis rurais da Zona da Mata do Estado de Pernambuco.

A precisão geodésica média envolvida na obtenção dos pontos de controle foi de aproximadamente 3,5 cm. O erro quadrático médio envolvido (RMS) na Retificação foi de 1,04 pixels, o equivalente a 31,2 metros, isto é , 1,04 vezes a resolução geométrica de 30 metros do Sistema Landsat/TM-5 ( Ver Tabela 1). Este resultado é compatível com a escala de 1:50.000 utilizada na geração do produto ( Ver Figura 3).

As combinações de bandas (3,2,1) e (6,4,1) foram as que apresentaram melhor diferenciação dos temas visualizados. A aplicação da técnica de realce (Equalização de Histograma) resultou em uma imagem (6,4,1) com melhor qualidade visual, o que favoreceu a aplicação das técnicas subsequentes. A aplicação da técnica de realce (Principais Componentes) resultou em uma nítida separação entre os temas pasto e cana, que não haviam sido discriminados nas diferentes combinações de bandas testadas anteriormente. Os teste realizados com índices espectrais para a geração de imagens NDVI foram úteis apenas na discriminação das classes

cana e cana jovem. Acredita-se que predominou a influência da componente de energia radiante refletida pelo solo nos resultados, já que foi efetuada uma correção atmosférica antes de se obter a imagem NDVI. A utilização da técnica de filtragem espacial (Passa Alta) na composição (3,2,1) permitiu uma melhor visualização das estradas, o que favoreceu a vetorização destas feições (Figura 1). Os trabalhos de reconhecimento de campo com GPS auxiliado pela classificação automática não supervisionada (Isodata) favoreceram a definição de amostras de treinamento representativas das classes interesse e isto auxiliou a classificação multiespectral supervisionada (Maxver) realizada (ver Tabela 2). Observa-se nesta tabela que todas as classes, com exceção da classe pasto, apresentaram erros satisfatórios. As classes cana e cana jovem apresentaram erro iguais ou inferiores a 4%. As classes mata nativa, cerrado e nuvens foram perfeitamente classificadas. A classe pasto apresentou erro maior do que o esperado com uma superposição de 6,58 % com a classe cerrado. Este resultado pode ser justificado pela dificuldade na escolha de amostras de treinamento na classe pasto e pela semelhança na resposta espectral das classes cerrado e pasto, o que é perfeitamente justificável. A Figura 4 mostra o resultado temático da classificação multiespectral realizada. Constatou-se, após verificação de campo, que as áreas relativas a nuvem (branco) e sombra de nuvem (preto) correspondem, respectivamente, a cana jovem (amarelo) e mata nativa (verde escuro). Na Figura 4, encontra-se o resultado temático da classificação multiespectral realizada.

**Tabela 1:**  
**Resultados relativos ao processo de Retificação realizado no sistema de processamento digital de imagens ERDAS-8.2 (editor de pontos de controle/GCP e o erro quadrático médio/RMS)**

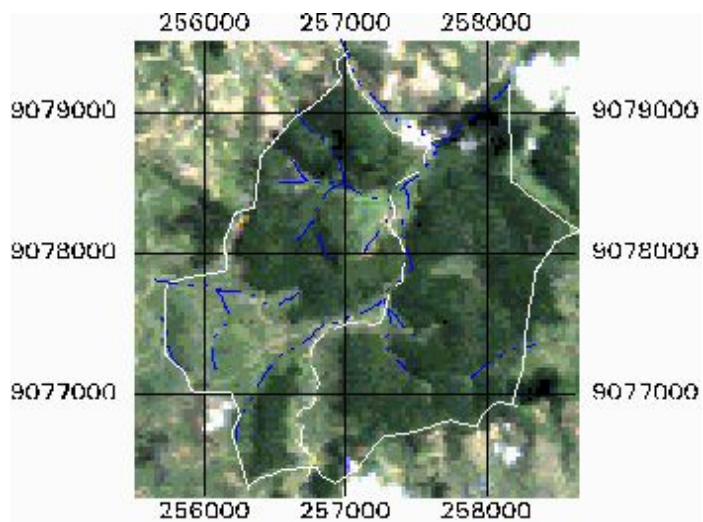
The image shows a screenshot of the GCP Editor software interface. The main window displays a table with the following data:

Point #	Point ID	X Source	Y Source	X Dest.	Y Dest.
1	GCP #1	4.420	6.733	255652.186	9079293.640
2	GCP #2	6.733	102.467	255708.186	9076451.640
3	GCP #3	99.800	100.533	258494.186	9076479.640
4	GCP #4	101.600	5.067	258494.186	9079419.640
5	GCP #5	58.533	41.267	257262.186	9078257.640

Below the table, an RMS Error dialog box is open, displaying the following values:

X RMS Error:	0.546858
Y RMS Error:	0.880897
Total RMS Error:	1.036838





**Figura 3:**

**Imagem Landsat TM-5 (Bandas 3, 2 e 1) da área de estudo georeferenciada para o sistema de projeção UTM na escala 1:50.000**



Tabela 2:

Resultados da Classificação Multiespectral Supervisionada (Maxver) realizada no sistema de processamento digital de imagens ERDAS-8.2 (Editor de Assinaturas e Matriz de Contingência)

Editor: , Dir:

File Edit View Find Help

ERROR MATRIX

-----

Reference Data

-----

Classified Data	mata nativ	pasto	cana	nuvem
mata nativ	100.00	0.00	2.00	0.00
pasto	0.00	89.47	0.00	0.00
cana	0.00	1.32	96.00	0.00
nuvem	0.00	0.00	0.00	100.00
solo expos	0.00	0.00	0.00	0.00
cana jovem	0.00	2.63	0.00	0.00
cerrado	0.00	6.58	2.00	0.00
sombra	0.00	0.00	0.00	0.00
Column Total	189	76	50	48

Reference Data

-----

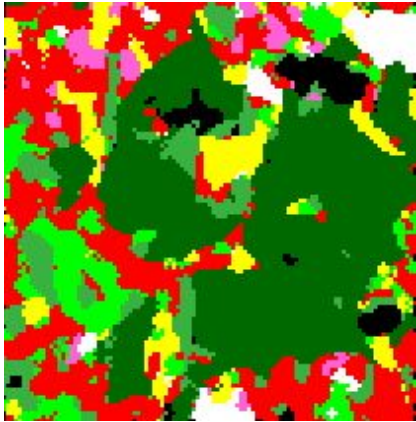
Classified Data	solo expos	cana jovem	cerrado	sombra
mata nativ	0.00	0.00	0.00	0.00
pasto	0.00	2.13	0.00	0.00
cana	0.00	0.00	0.00	0.00
nuvem	0.00	0.00	0.00	0.00
solo expos	100.00	0.00	0.00	0.00
cana jovem	0.00	97.87	0.00	0.00
cerrado	0.00	0.00	100.00	0.00
sombra	0.00	0.00	0.00	100.00
Column Total	21	47	43	52

----- End of Error Matrix -----

Signature Editor (alegria.sig)

File Edit View Evaluate Feature Classify Help

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	I	H	A	FS
1	> mata nativa		0.000	0.420	0.000	4	4	189	1.000	X	X	X	X	
2	pasto		0.000	1.000	0.000	1	5	76	1.000	X	X	X	X	
3	cana		0.224	0.696	0.264	2	6	50	1.000	X	X	X	X	
4	nuvem		1.000	1.000	1.000	5	8	48	1.000	X	X	X	X	
5	solo exposto		1.000	0.383	0.830	3	10	21	1.000	X	X	X	X	
6	cana jovem		1.000	1.000	0.000	7	11	47	1.000	X	X	X	X	
7	cerrado		1.000	0.000	0.000	8	12	43	1.000	X	X	X	X	
8	sombra		0.000	0.000	0.000	10	14	52	1.000	X	X	X	X	



**Figura 5:**

Imagem temática resultante do processo de Classificação Supervisionada (Maxver) realizado no sistema de processamento digital de imagens ERDAS-8.2

## 5. Conclusão

Os resultados obtidos mostraram que a metodologia empregada neste trabalho é muito eficaz no mapeamento do uso da terra. Acredita-se, porém, que com a realização de uma atividade de campo mais qualificada, principalmente em classes superpostas, é possível se conseguir resultados mais expressivos e conseqüentemente obter-se um mapa temático mais representativo para o uso da terra. A utilização de levantamentos radiométricos de dados reflectâncias espectrais pode ser uma alternativa à minimização dos erros de superposição entre classes do uso da terra. O fato de se ter realizado a retificação antes da classificação foi muito útil na definição e confirmação das amostras de treinamento a partir de levantamentos com GPS. Entretanto, sugere-se que este processo só seja efetuado nesta seqüência, se o erro quadrático médio (RMS) obtido na retificação for menor ou igual a 1 pixel. Conclui-se que a classificação não supervisionada (Isodata) é indispensável como técnica auxiliar para conduzir os trabalhos de campo e que é necessário escolher o maior número de amostras representativas possíveis, para que a precisão da classificação supervisionada (Maxver) seja eficiente no mapeamento do uso da terra. Finalmente, deve-se ressaltar o aspecto espectral das imagens Landsat/TM, os levantamentos com GPS e a alta performance do software processamento digital de imagens ERDAS-8.2 no emprego de técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao uso da terra.

## 6. Referências bibliográficas

- BAUSCH, W. C., 1993. Soil Background Effects on Reflectance-Based Crop Coefficients for Corn. *Remote Sensing Environmental*. 46:213-222.
- COLLWEL, ROBERT N., 1983. *Manual of Remote Sensing*. Falls Church: American Society of Photogrammetry. 1359p.
- CROSTA, A. P., 1992. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento remoto*, IG/UNICAMP, Campinas, São Paulo, 170p.
- CURRAN, P. J., 1985. *Principles of remote sensing*. London: Longman, 282p.
- DEMATTÊ, J. A. M. & GARCIA, G.J., 1995. Dados digitais do TM/LANDSAT-5 na discriminação de solos desenvolvidos de rochas eruptivas no Estado de Paraná. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa (MG)*, 25:1586-1588.
- FORMAGGIO, A. R., EPIFANIO, J. C. N., VALERIANO, M. M. & OLIVEIRA, J. B., 1995. Características multiespectrais de alguns solos tropicais do Estado de São Paulo. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa (MG)*, 25:1517-1519.

- GONZALEZ, R. C., & WINTZ, P., 1977. Digital Image Processing. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 405p.
- HORD, R., 1982. Digital Image Processing of Remotely Sensed Data. New York: Academic Press, 345p.
- HUETE, A. R. 1988. Adjusting Vegetation Indices for Soil Influences. International Agrophysics. 4 (4):367-376.
- HUETE, A. & WARRICK, A. W., 1990. Assessment of Vegetation and Soil Water Regimes in Partial Canopies with Optical Remotely Sensed Data. Remote Sensing Environmental. 32:155-167.
- JENSEN, JOHN R., 1986. Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall. 486p.
- LILLESAND, T. M. & KIEFER, R. W., 1987. Remote sensing and image interpretation. 2. Ed. New York: J. Wiley, 850p.
- LIU, H. Q., & HUETE, A., 1995. A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 33(2):1995.
- MENESES, P. R., 1988. Curso de Extensão: Conceitos e metodologias de sensoriamento remoto para aplicações multidisciplinares. Universidade de Brasília-DF, 47p.
- MORAIS, J. K. L., VOLKOFF, B. & CERRI, C. C., 1995. Uso de imagens digitais Landsat/TM no levantamento de áreas ocupadas com pastagens em Rondônia. In: Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa (MG), 25:1454-1456.
- NOVO, E. M., 1989. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo. Edgard Blucher. 307p.
- PARADELLA, W. R., VITORELLO, I., LINS C. C., MATOS, J.T., DUTRA, L. V. & MENESES. P. R., 1990. Imagens de satélite Spot-1 em mapeamento geológico: um estudo comparativo com vários produtos sensores no vale do Rio Curacá, Bahia. Revista Brasileira de Geociências, 20:282-292.
- PINTO, S. A. F., 1983. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para caracterização de erosão do solo no sudeste do Estado de São Paulo. São José dos Campos (SP):INPE, 128p.
- PONTES, C. S., OLIVEIRA, W. J. & BRAUN, P. G., 1990. Análise das feições fisiográficas, magnéticas e radiométricas da região do Gaben do Colorado, na porção sul do Estado de Rondônia. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos (SP), 6:681-683.
- SANTOS, A. P., NOVO, E. M. & LOMBARDO, M. A., 1981. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos (SP), 7:172-175.
- SANTOS, P. L., VIEIRA, L. S., VIEIRA, I. M. S. & DIAS, A. C., 1995. Mapeamento do uso atual das terras da Bacia do Rio Candiaruaçu utilizando imagens TM/LANDSAT-5. In: Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa (MG), 25:1672-1674.
- SIMÕES, M., FUKS, S. D. & ALVARENG, R., 1995. O sistema de informações georeferenciadas de solos da EMBRAPA. In: Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa (MG), 25:1613-1615.
- SLATER, P. N., 1980. Optics and Optical Systems. Addison-Wesley:reading, 275p.
- SPANNER, M. A., PIERCE, L.

**Agradecimentos**

Os autores deste trabalho agradecem ao Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao Instituto Nacional de Colonização da Reforma Agrária (INCRA/PE) o apoio material recebido.

<b>Autores</b>	<b>Prof. Dr. Admilson Pachêco</b> Universidade Federal de Pernambuco Departamento de Engenharia Cartográfica Fone/Fax: (081) 2718235 50000 Recife - Brasil admilpp@npd.ufpe.br	<b>Nilton de Souza Ribas</b> Universidade Federal de Pernambuco Departamento de Engenharia Cartográfica Fone/Fax: (081) 2718235 50000 Recife - Brasil decart@npd.ufpe.br
----------------	--	---