



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES
AUTHORS

SENSORIAMENTO REMOTO
PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS
VEGETAÇÃO

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

[Signature]
Marco Antonio Raupp
Dir. Diretor Ger.º

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

[Signature]
Flávio Jorge Ponzoni

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL
 EXTERNA / EXTERNAL
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

[Signature]
Tania Maria Sausen

CDU/UDC

528.852

DATA / DATE

Setembro 1988

| | |
|--------------------|--|
| TÍTULO/TITLE | PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO INPE-4695-MD/036 |
| | PROCESSAMENTO DIGITAL APLICADO À VEGETAÇÃO |
| AUTORES/AUTHORSHIP | Flávio Jorge Ponzoni Vitor Celso de Carvalho |

ORIGEM
ORIGIN

COT/DPA

PROJETO
PROJECT

ATCOT

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

25

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

21

VERSÃO
VERSION

-

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

-

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Neste trabalho são apresentadas as principais técnicas do processamento digital de imagens orbitais aplicadas ao estudo da cobertura vegetal, com o objetivo de orientar profissionais iniciantes ao estudo de sensoriamento remoto. São fornecidos também exemplos de trabalhos realizados envolvendo a aplicação de tais técnicas.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

ABSTRACT

The main digital processing techniques of orbital images applied to vegetation cover study are presented in order to guide professionals which are interested in remote sensing studies. Research works considering these techniques are also presented as examples.

SUMÁRIO

| | <u>Pág.</u> |
|-------------------------------------|-------------|
| LISTA DE FIGURAS | v |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. PRÉ-PROCESSAMENTO DE DADOS | 2 |
| 2.1 - Correções geométricas | 3 |
| 2.2 - Correções geométricas | 4 |
| 2.3 - Seleção de atributos | 5 |
| 2.4 - Principais componentes | 6 |
| 3. REALCE DE IMAGENS | 7 |
| 3.1 - Contraste | 8 |
| 3.2 - Transformações de cores | 9 |
| 3.3 - Razão entre bandas | 10 |
| 4. CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS | 13 |
| 4.1 - "Single cell" | 15 |
| 4.2 - Maxver | 16 |
| 4.3 - K-Médias | 18 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 19 |

LISTA DE FIGURAS

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 1 - Imagem não-contrastada e imagem contrastada | 8 |
| 2 - Bandas TM3, TM4 e razão TM4/TM3 | 12 |
| 3 - Classificações K-médias e Maxver | 17 |

1. INTRODUÇÃO

Uma característica marcante da cobertura vegetal nacional é sua heterogeneidade que se manifesta tanto no domínio florístico como no fisionômico. Sua exploração tem estimulado questionamentos ora de cunho conservacionista, representados por entidades, companhias de saneamento, universidades, etc., ora puramente consumista, através de empresas agrícolas e mineradoras, latifundiárias, etc. De qualquer forma ambas as correntes tem procurado utilizar os técnicos de sensoriamento na solução de seus problemas, que são tão heterogeneos quanto nossa cobertura vegetal.

Dependendo da natureza desses problemas e dos objetivos finais de quem os propõe, suas soluções podem ser imediatas ou podem envolver uma fase de estudo mais detalhado. É geralmente nesta última que o processamento digital é normalmente empregado.

Imagine, por exemplo, que uma empresa estadual pretenda elaborar o mapa da cobertura vegetal de um parque ou a reserva biológica sob sua jurisdição e que essa cobertura seja a Mata Atlântica. A extensão da área do parque dificulta uma operação de aerolevanteamento convencional e portanto, decide-se pelo uso de imagens orbitais. Surgem daí as seguintes perguntas: Que produto se prestaria melhor para a identificação das comunidades vegetais existentes no parque? Que escola deveria ser adotada? Que bandas de que sensor (MSS, TM, HRV)? Seria possível a utilização de composições colorridas? Se a resposta for "sim", que bandas e que cores seriam atribuídas a elas? Estas e muitas outras perguntas poderiam

ser respondidas através da aplicação do processamento digital.

Os procedimentos do processamento digital mais comumente empregados em estudos da cobertura vegetal são:

- a) Etapa de pré-processamento: correções geométricas, correções radiométricas e seleção de atributos.
- b) Etapa de realce: contraste, processamento de cores, transformação de cores, razão entre bandas e principais componentes.
- c) Etapa de classificação (reconhecimento de padrões); algoritmos determinísticos ("single cell" fatiamento ou "slice" e K-médias) e um algoritmo estatístico (Maxver).

O objetivo desta abordagem é dar uma idéia sobre a aplicação destes procedimentos em estudos da cobertura vegetal, fornecendo, na medida do possível, alguns exemplos de estudos já desenvolvidos

2. PRÉ-PROCESSAMENTO DE DADOS

Esta etapa tem como objetivo principal eliminar ou atenuar as imperfeições existentes em imagens, oriundas da influência nem sempre benéfica da atmosfera sobre a energia captada pelo sensor, de imperfeições no funcionamento dos componentes eletrônicos do sistema sensor, da variação na trajetória orbital do satélite (para o caso de imageamento orbital), etc.; ainda nesta etapa está compreendido o procedimento denominado "seleção de atributos", que visa a diminuição da dimensionalidade dos

dados, particularmente importante na otimização do tempo computacional em processos de classificação de dados.

2.1 - CORREÇÕES GEOMÉTRICAS

Dadas as características dinâmicas de origem natural ou antropogênica, apresentadas pela vegetação, muitas vezes faz-se necessário seu monitoramento através do tempo (multitemporal). A análise de imagens de épocas diferentes tem sido um procedimento muito comum para a atualização de mapas e cartas, bem como para a estimativa de idades de plantios florestais e para a detecção de alterações sofridas pela cobertura vegetal. Para que outros procedimentos do processamento digital sejam aplicados a essas imagens, faz-se necessário que estas "casem", o mais perfeitamente possível, umas com as outras, ou seja que um dado "pixel" de uma imagem coincida tanto quanto possível com seu correspondente na outra imagem. Este procedimento é comumente denominado por "registro" e tem sido usado com bastante frequência em estudos de vegetação. Valeriano (1984) procurou identificar macrófitas flutuantes na região de Americana, no Estado de São Paulo, através de dados MSS/LANDSAT. Duas imagens correspondentes a passagens distintas foram registradas para a extração por exclusão da área ocupada pelas macrófitas utilizando máscaras temáticas. Silva (1985) utilizou o registro de imagens num estudo da variação da lâmina d'água na região do Pantanal Matogrossense. Hernandez Filho e Saraiva (1986) realizaram uma análise temporal das alterações na cobertura vegetal do Parque Estadual de Jacupiranga através de procedimentos de processamento digital, que também empregou o registro de imagens.

2.2 - CORREÇÕES GEOMÉTRICAS

Têm como objetivo principal fazer com que uma determinada cena contida numa imagem seja representada, o mais fielmente possível, pelos seus verdadeiros valores de radiância. A atmosfera é o principal agente perturbador dessa fidelidade, bem como a topografia.

Medeiros (1987) menciona a importância das correções geométricas em trabalhos de detecção de alterações. Nestes trabalhos imagens de épocas diferentes são consideradas e para que as alterações sejam identificadas como tal, é necessária uma "homogeneização" das características radiométricas das imagens, de forma que um determinado alvo não alterado tenha a mesma "aparência" em todas elas.

O mapeamento e a posterior quantificação de áreas reflorestadas são atividades de condução relativamente fácil em regiões pouco acidentadas, atividades estas muito dificultadas em regiões com relevo movimentado, porque a ocorrência de sombras "mascaram" os alvos, impossibilitando a identificação segura do limite de plantios florestais, o que por sua vez impossibilitará a quantificação de áreas. Para eliminar e atenuar este problema existem alguns modelos numéricos que, aplicados sobre as imagens, tentam corrigir os valores dos "pixels" das áreas sombreadas em função de uma série de parâmetros como: ângulo de inclinação solar, declividade e exposição do terreno, etc., isso para estes "pixels" passem a representar valores de radiância de alvos que estariam sombreados.

2.3 - SELEÇÃO DE ATRIBUTOS

Em estudos de cobertura vegetal é comum a pergunta: qual seria a composição de bandas de um certo sensor que melhor se presta a identificação visual e/ou automática de um dado domínio fisionômico ou comunidade vegetal? Uma das formas de responder a essa pergunta seria através de um processo de tentativa e erro, aonde o pesquisador tentaria uma gama quase infinita de possibilidades, consumindo muitas horas de trabalho computacional e de seu próprio tempo, o que tornaria essa tarefa completamente inviável.

A seleção de atributos é, portanto, um procedimento que visa encontrar o melhor conjunto de bandas a serem utilizadas em trabalhos de interpretação visual e classificação, minimizando tempo/custo computacional (Dutra et al., 1981).

Existem algoritmos implementados no Sistema Image-100 do INPE que visam a Seleção de Atributos, as quais têm sido utilizadas por pesquisadores das áreas de Agronomia, Geologia, Análise Ambiental, Vegetação, etc., de acordo com suas necessidades.

Vale salientar que este procedimento pode ser feito pelo próprio pesquisador sem o auxílio dos algoritmos mencionados, ou seja, dados seus conhecimentos sobre o alvo de interesse e sua experiência sobre a área de estudo, este pode escolher arbitrariamente as bandas com as quais deseja trabalhar.

Santiago et al. (1986) determinaram as melhores bandas TM/LANDSAT para a avaliação de áreas de reflorestamentos no Estado do Grosso do Sul, utilizando os

algoritmos implementados no sistema Image-100 do INPE. Os autores concluíram que as bandas TM3, TM4 e TM5 foram as melhores para esse tipo de trabalho.

Chen e Lima (1986) realizaram uma avaliação de composições coloridas (falsa cor) de bandas TM/LANDSAT para a discriminação de culturas agrícolas. Os autores concluíram que as composições coloridas obtidas pelos critérios adotados em seu trabalho não foram melhores que as composições coloridas normalmente adotadas em tarefas de análise visual.

2.4 - PRINCIPAIS COMPONENTES

De acordo com a natureza do alvo estudado e com a largura da faixa espectral das bandas consideradas, pode haver uma alta correlação entre as diferentes imagens de um mesmo objeto. Devido a estes fatores, estas imagens podem conter uma certa redundância de dados, ou seja, uma mesma informação pode estar contida em mais de uma imagem. Esta redundância pode ser reduzida pela escolha das bandas menos correlacionadas, considerando que alguma informação relevante poderá ser perdida se estiver contida nas bandas não escolhidas. Neste caso, o que se torna mais interessante é a utilização de novas "bandas", que não as originais. Estas novas "bandas" são as chamadas **Principais Componentes**, que são obtidas por certas combinações lineares das bandas originais.

Normalmente são geradas $n-1$ novas imagens ao final deste procedimento, sendo n o número de imagens analisadas. A primeira imagem representa cerca de 95% da informação contida nas imagens originais, as duas seguintes possuem o restante da informação em percentuais decrescentes, de forma que a última imagem contém praticamente ruídos.

Sua aplicação em estudos de vegetação seria idêntica em se tratando de outros alvos: compressão de dados e uma melhor discriminação visual dos alvos de interesse. Carvalho (1986), analisando uma imagem referente a uma região semi-árida (Quixabá-PE), observou somente a primeira componente principal mostra correlação significativa com a estrutura de sua vegetação (Caatinga). A segunda componente serviu para evidenciar as áreas úmidas, com vegetação verde, na época seca.

3. REALCE DE IMAGENS

As técnicas de realce de imagens têm por objetivo destacar visualmente os alvos de interesse do pesquisador. São várias as possibilidades; e a escolha de uma ou mais delas está sempre em função da natureza e dos objetivos do trabalho que se está desenvolvendo e das características do alvo estudado.

A vegetação, como já foi mencionado, apresenta um grande dinamismo temporal (fenologia), fisionômico e florístico. Em produtos de sensoriamento remoto esse dinamismo é detectado através de parâmetros como tonalidade, textura, cor e intensidade, que são parâmetros perfeitamente manipuláveis através das técnicas de realce.

As imagens realçadas podem ser usadas também como "guias" na fase de definição de áreas de treinamento dos procedimentos de classificação supervisionada. Quando se deseja transferir os dados contidos na imagem para cartas planialtimétricas ou mapas, um procedimento muito comum é fotografar a imagem diretamente da tela do sistema na qual está sendo tratada, para posteriormente manuseá-las. Para amenizar a perda de dados durante o processo fotográfico, costuma-se realçar a imagem. A seguir serão discutidas

algumas das técnicas mais utilizadas em estudos da vegetação.

3.1 - CONTRASTE

Consiste basicamente na expansão do histograma da imagem para explorar toda a escala disponível de valores digitais. Assim se uma determinada cena apresenta um histograma muito comprimido numa estreita faixa dos valores digitais, é solicitado, através de um comando específico, que o computador expanda este histograma numa faixa mais ampla de modo que a imagem resultante destaque visualmente os alvos de interesse.

A Figura 1 mostra duas imagens de uma mesma área da região do Pantanal Matogrossense. A imagem superior não foi submetida ao procedimento de contraste, enquanto que a inferior sim, a qual apresenta uma maior riqueza de detalhes.

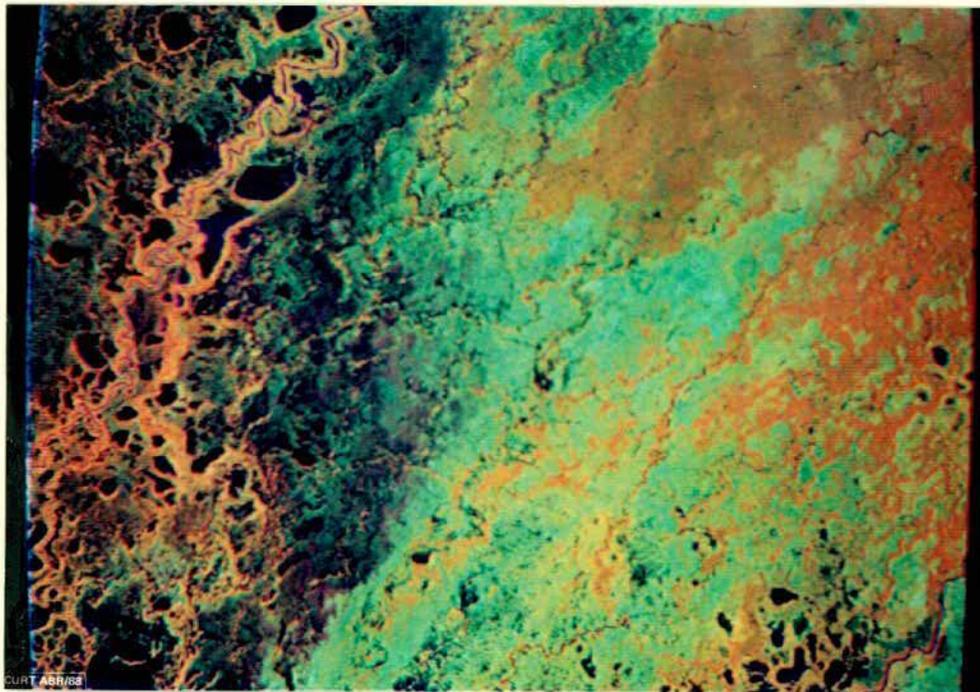


Fig. 1 - Imagem não-contrastada e imagem contrastada.
(Continua)

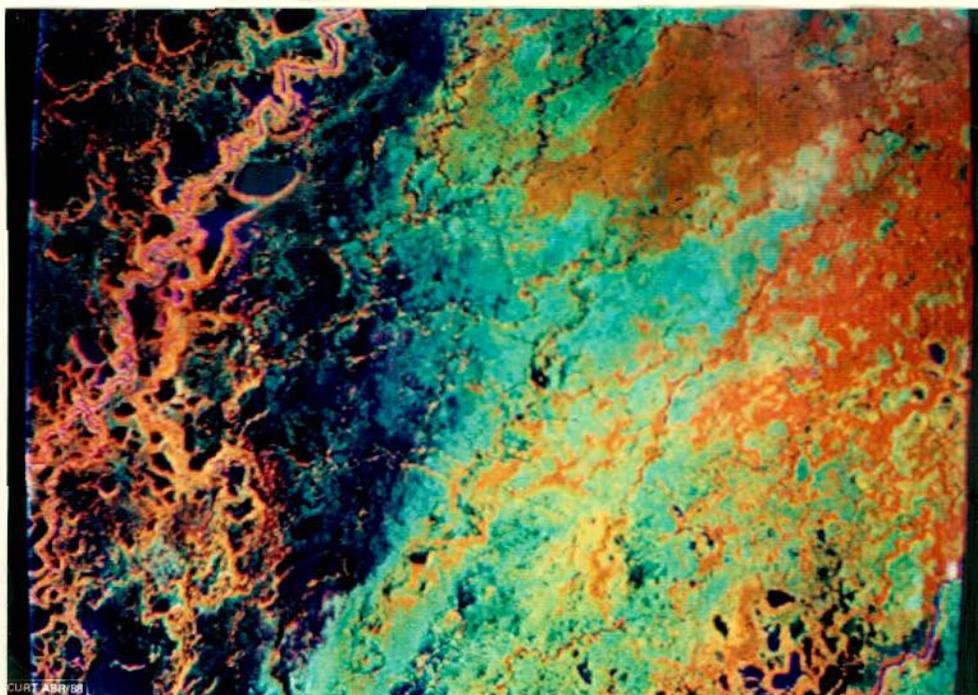


Fig. 1 - Conclusão.

3.2 - TRANSFORMAÇÕES DE CORES

Este procedimento não tem sido utilizado com muita frequência em estudos de cobertura vegetal, mas apresenta um grande potencial para isso.

Ele consiste basicamente na transformação dos componentes vermelho, verde e azul (RGB) nas componentes intensidade, matiz e saturação (IHS) que descrevem sensações de brilho, cor e pureza, respectivamente. Essa transformação pode dar mais contraste sobre o realce das cores.

Valem aqui os mesmos comentários discutidos na Seção 3 sobre a utilidade das imagens realçadas em estudos de vegetação. Acredita-se que no estudo de coberturas florestais tropicais essa técnica possa ser de grande valia no auxílio à identificação de comunidades em sua caracterização estrutural.

3.3 - RAZÃO ENTRE BANDAS

É um procedimento feito dividindo o valor digital de um "pixel" de uma banda pelo seu outro valor digital em outra banda para todos os "pixels" da imagem (DUTRA et al., 1981).

As imagens do sensor MSS/LANDSAT foram as primeiras a serem utilizadas neste procedimento em estudos da cobertura vegetal. As bandas mais comumente empregadas eram a 5 e a 7 na relação 5/7. Na imagem resultante desta relação a vegetação se apresenta escura e destacada em relação às demais feições.

Em regiões de relevo mediantemente movimentado as razões entre as bandas específicas podem contribuir para uma atenuação de sua influência no mascaramento de feições. Chavez (1975), Holben and Justice (1980) e Nelson (1981) mencionam que essas razões podem diminuir a variabilidade entre os mesmos objetos devido à topografia.

Em trabalhos de detecção de alterações as razões entre bandas podem ser utilizadas para reduzir ou eliminar os efeitos multiplicativos que alteram o valor de radiância detectada pelo sensor (Lillesand and Kieter, 1979).

Medeiros (1987) menciona que as razões entre bandas do infravermelho próximo pelas da região do vermelho podem ser utilizadas na estimativa de fitomassa. Colwell (1974) citado por Medeiros et al. (1987) relatou que razões como essa, também chamadas de RVI, pode normalizar um pouco o efeito da reflectância de fundo do solo e ser útil na estimativa de fitomassa.

Em síntese, as razões entre bandas normalizam as imagens dos efeitos estranhos que estão multiplicados e mascaram o sinal útil, enfatizam determinadas características dos objetos, podem estimar a fitomassa e auxiliar na redução da dimensionalidade dos dados (Medeiros, 1987).

Pereira e Batista (1985) realizaram um estudo da correlação de fitomassa verde de campo cerrado com dados espectrais obtidos pelo sistema MSS/LANDSAT e por radiometria de campo. Índices de vegetação (IV) foram utilizados nesse estudo, os quais foram oriundos de razões entre bandas do infravermelho próximo e do vermelho. Os autores concluíram que o teor de umidade da vegetação mostra melhor correlação com os IVs do que a fitomassa foliar.

Medeiros et al. (1987) avaliaram a regeneração da vegetação afetada pelo fogo na área do Parque Nacional de Brasília através da utilização de índices da vegetação oriundas de diferentes razões de bandas. Algumas delas se prestaram melhor para esse tipo de trabalho.

A Figura 2a, 2b e 2c ilustram as imagens das bandas 3, 4 e a imagem resultante da razão banda 4/banda 3, respectivamente.

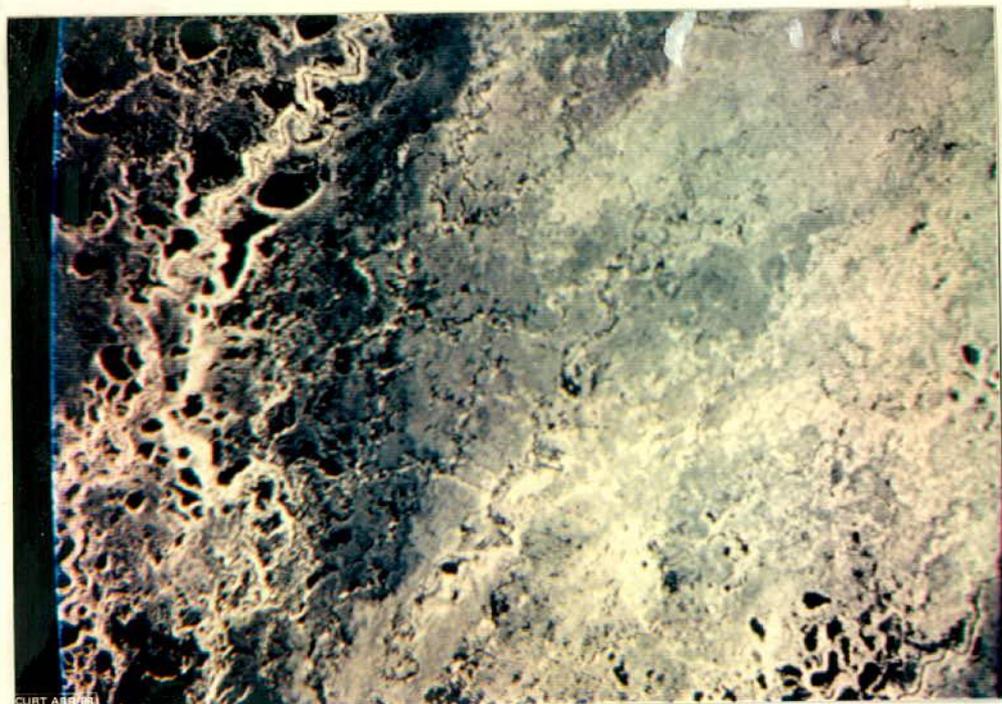
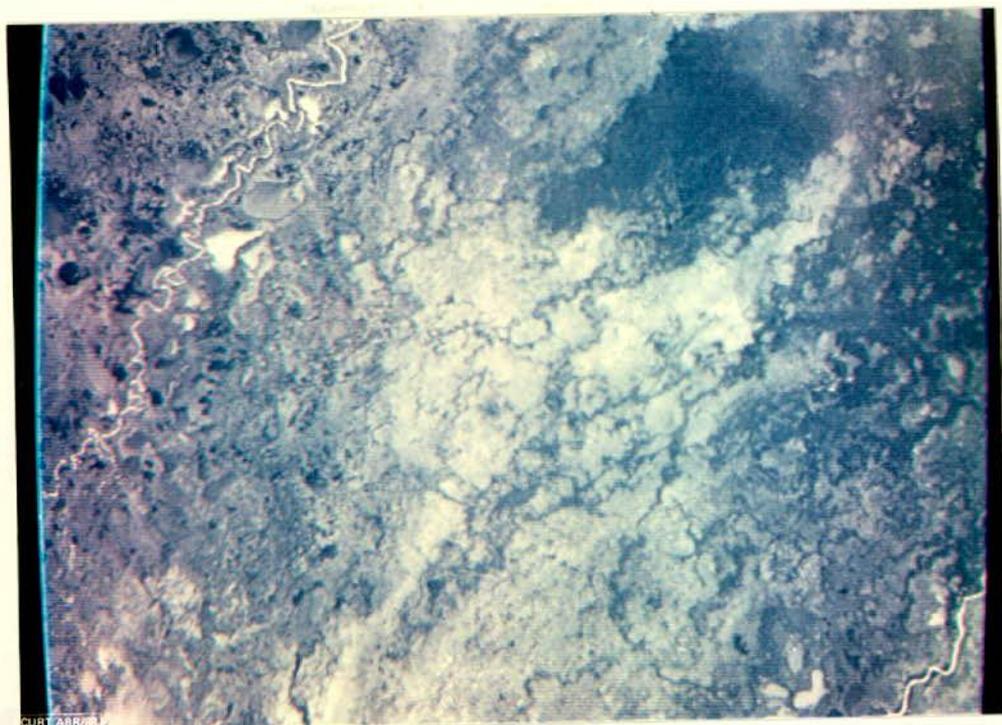


Fig. 2 - Bandas TM3, TM4 e razão TM4/TM3.

(continua)

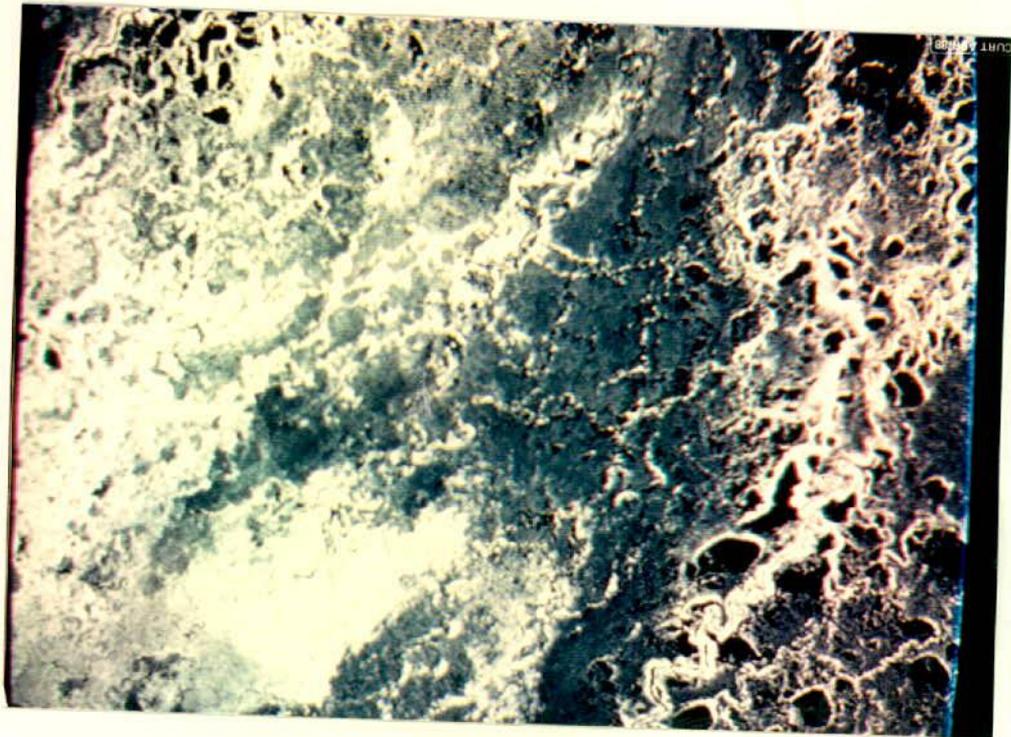


Fig. 2 - Conclusão.

4. CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

As técnicas de classificação foram motivadas por uma necessidade de se desenvolver métodos práticos e eficientes que substituíssem o homem em tarefas tediosas e mecânicas (Mascarenhas, 1981).

O processo de classificação em si é uma associação de um objeto a uma dada classe, de acordo com os atributos apresentados. Vários algoritmos de classificação estão implementados em sistemas de tratamento de imagens, os quais são divididos em dois tipos, o determinístico e o estatístico. O primeiro considera que o comportamento dos atributos das classes não é aleatório e pode ser descrito por funções que assumem valores bem definidos de acordo com a classe. O segundo considera um comportamento aleatório dos atributos das classes que podem ser descritos por funções de probabilidade.

Alguns desses algoritmos exigem uma fase chamada de "treinamento", na qual são extraídas as características das classes de interesse. A classificação resultante do processamento desses algoritmos denomina-se "supervisionada". Outros algoritmos não necessitam desta fase, pois agem procurando dividir os dados segundo certas afinidades que um grupo de características, desses mesmos dados, possam ter entre si. Esta é a classificação "não-supervisionada".

Um procedimento que está sendo bastante utilizado para melhorar o desempenho das classificações é a condução de uma classificação "não-supervisionada" seguida de outra "supervisionada". Na primeira são definidas, aproximadamente, algumas classes, na segunda as áreas de treinamento são fixadas sob orientação da primeira no sentido de procurar áreas homogêneas, ou seja, sem a ocorrência de pontos ("pixels") não-classificados.

O resultado de um processo de classificação é uma denominada classificada, que pode atender a uma variedade de objetivos. Pode-se imaginar uma das aplicações mais simples: deseja-se saber qual a área ocupada por

floresta natural numa determinada região. Basta então procurar identificar todas as áreas ocupadas por essa classe (floresta natural) na região considerada e quantificá-las. Utilizando um algoritmo de classificação apropriado, essa classe seria evidenciada e, através de um programa computacional específico, sua área seria determinada. Outro exemplo seria na detecção de alterações. Suponha-se que se deseja conhecer quais as formações vegetais que ficam submersas na época cheia e fora d'água na época seca, numa área da região do Pantanal Matogrossense. Uma classificação seria feita sobre as duas imagens das duas épocas consideradas. Depois da realização de trabalhos de campo e análise de mapas da cobertura vegetal da região (quando existentes) para averiguar o desempenho das classificações, estas seriam superpostas para determinar a variação entre as mesmas classes nas duas épocas. Desta forma seria possível avaliar quais classes seriam mais influenciadas variação da lâmina d'água.

A seguir serão apresentados alguns algoritmos mais utilizados em estudos de vegetação.

4.1 - "SINGLE CELL"

É um algoritmo do tipo determinístico e exige a fase de supervisão. É um método rápido e particularmente eficiente quando o interesse é uma classe específica, por exemplo; identificar e quantificar áreas de reflorestamento.

Ponzoni et al. (1986) utilizam este algoritmo na classificação da área queimada no Parque Nacional de Brasília, concluindo seu melhor desempenho em relação aos demais considerados no trabalho (K-médias e Maxver).

Acredita-se que a aplicação desse algoritmo será mais eficiente, em relação aos algoritmos do tipo estatístico, quando menos normais (gaussianas) forem as distribuições das classes contidas nas imagens estudadas, porque os algoritmos do tipo estatístico foram concebidos levando em consideração a normalidade dessas distribuições, condição que influi diretamente em seus desempenhos. Isto talvez explique os resultados encontrados por Ponzoni et al. (1986).

4.2 - MAXVER

Este é um algoritmo do tipo estatístico que se baseia no critério de máxima verossimilhança. Também exige uma fase de treinamento onde serão pré-definidas as classes às quais cada padrão apresentará uma probabilidade de pertencer.

Tem sido bastante usado em estudos de vegetação e até mesmo preferido graças ao seu bom desempenho.

Costuma-se incluí-lo no procedimento já mencionado na Seção 4, que se refere à condução de uma classificação "não-supervisionada" seguida por outra "supervisionada". Evidentemente neste caso o algoritmo Maxver seria a segunda classificação onde as amostras na fase de treinamento seriam coletadas (classe a classe), orientando-se visualmente pela classificação anterior.

Valeriano e Pereira (1984) utilizaram este procedimento na identificação de classes de uso da terra de uma área da região carbonífera de Santa Catarina, concluindo que, dadas as características de seus alvos de interesse, este procedimento não apresentou um desempenho satisfatório.

A Figura 3 mostra uma mesma área classificada através do algoritmo k-médias - não-supervisionado - (3a) e Maxver - (3b). Os quadradinhos assinalados em 3a representam as áreas de treinamento selecionadas para a aplicação do algoritmo Maxver.

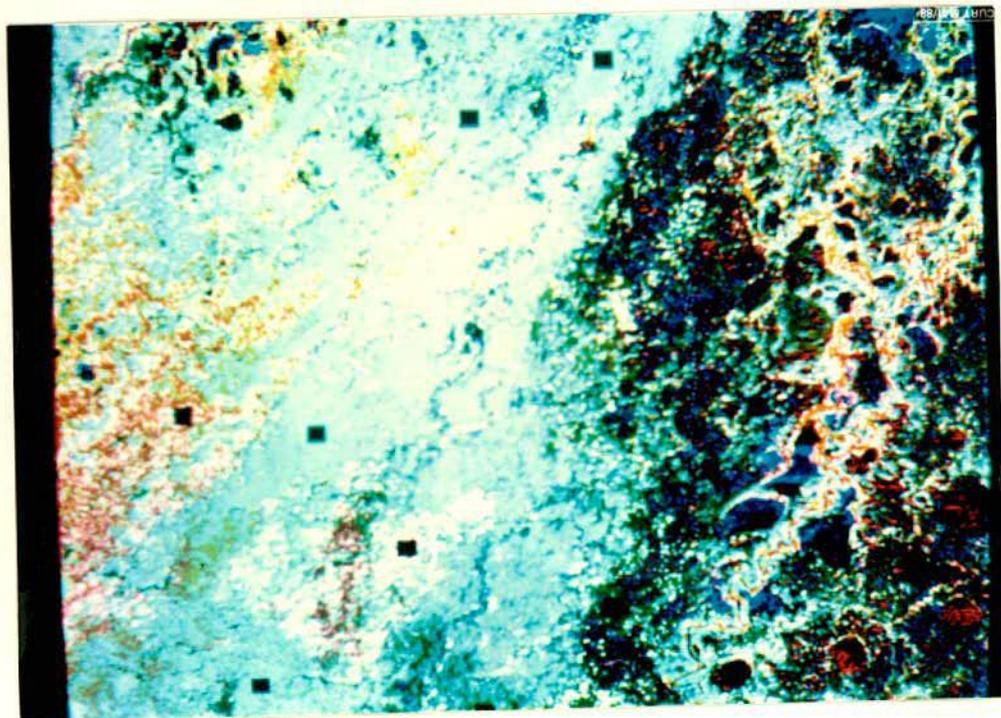


Fig. 3 - Classificações K-médias e Maxver.
(continua)

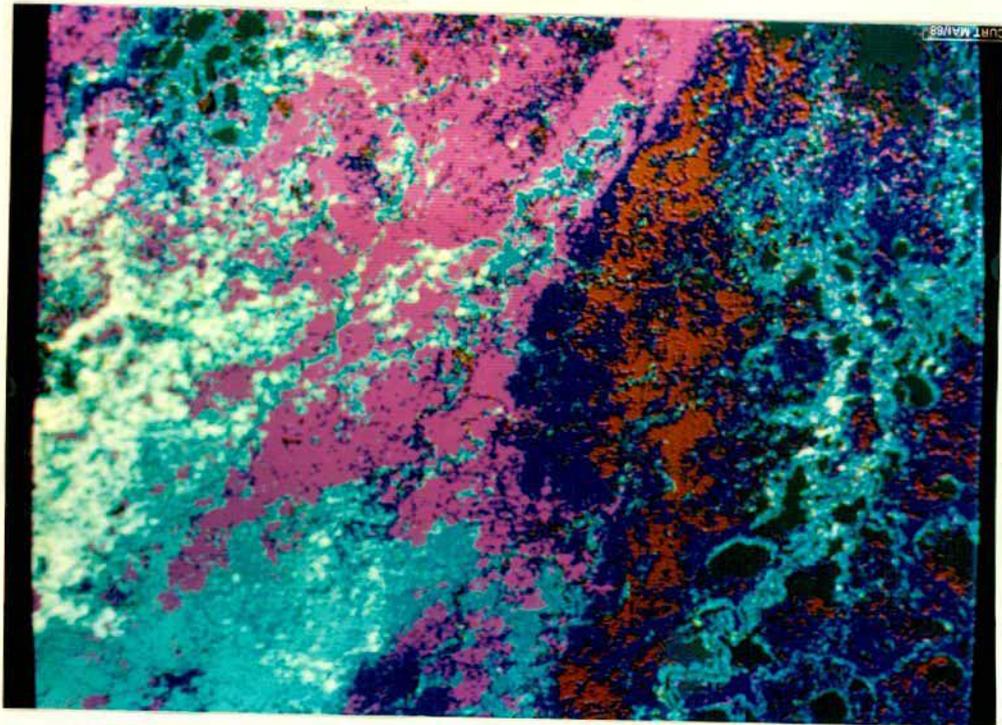


Fig. 3 - Conclusão.

4.3 - K-MÉDIAS

Constitui uma técnica "não supervisionada" que determina relações naturais ou inerentes a um conjunto de observações (Dutra et al., 1981). Os dados são agrupados em classes cujo número pode ter sido estipulado pelo pesquisador.

Em estudos de vegetação este algoritmo tem sido pouco utilizado individualmente, sendo melhor considerado no procedimento já mencionado nas Seções 4 e 4.2 sobre a aplicação das classificações "não-supervisionada" e "supervisionada" (Ver Figura 3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, V.C. de. Structure et dynamique de la vegetation en Mileu tropical semi-aride. Thèse présentec pour le Doctorat de L'Université de Toulouse - Le Mirail/ Geographic-Aménagement, 1986. 332p.
- CHAVES JUNIOR, P. Atmospheric solar and MTF corrections for ERTS digital imagery. In: American Society of Photogrammetry Convention, Phoenix, Az. Oct. 1975. **Proceedings**. S.N.T.
- CHEN, S.C.; LIMA, A.M. Avaliação de imagens TM falsa-cor para a discriminação de culturas. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 4.; REUNION PLENARIA SELPER, 6., Gramado, RS, 10-15, Ago. 1986. **Anais**. INPE, 1986, V.1, p.799-804.
- DUTRA, I.V.; SOUZA, R.C.M.; II, F.A.M.; MOREIRA, J.C. Análise automática de imagens multiespectrais. São José dos Campos, INPE, 1981, 28 p. (INPE-2212-MD/009).
- HERNANDEZ FILHO, P.; SARAIVA; I.R. Análise temporal das alterações na vegetação do Parque Estadual de Jacupiranga através de tratamento digital das imagens LANDSAT. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 4. REUNION PLENARIA SELPER, 6., Gramado, R.S. 10-15, Ago. 1986. **Anais**. INPE, 1986, V.1. p.785-791.
- HOLBEN, B.M.; JUSTICE, C.O. The topographic effect on spectral response from Nadir-ponting sensors. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**; 46(9):1191-1200, Sept. 1980.

- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. Remote sensing and image interpretation. New York, N.Y., John Wiley, 1979. 612 p.
- MASCARENHAS, N.D.A. Processamento de imagens e classificação de padrões. São José dos Campos, INPE, 1981. 21 p. (INPE-2090-RPE/320).
- MEDEIROS, J.S. Desenvolvimento metodológico para a detecção de alterações da cobertura vegetal através da análise digital de dados TM/LANDSAT. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1987. 81 p. (INPE-4123-TDL/262).
- MEDEIROS, J.S.; PONZONI, F.J.; HERNANDEZ FILHO, P. Monitoramento da regeneração da vegetação em áreas destruídas por fogo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 2., Rio de Janeiro, Anais. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 29/3 a 3/7, 1987, V.2, p.224-245.
- NELSON, R. Defining temporal window for monitoring forest canopy defoliation using LANDSAT. In: American Society of Photogrammetry, ACSM-ASP, Meetings, Washington, DC. 1981. Technical Papers. p.367-387. S.N.T.
- PEREIRA, M.D.B.; BATISTA, G.T. Correlação de fitomassa verde de campo cerrado com dados espectrais obtidos pelos sistema MSS/LANDSAT e por radiometria de campo. São José dos Campos. INPE, 1985. 7p. (INPE-3467-PRE/710).
- PONZONI, F.J., LEE, D.C.L.; HERNANDEZ FILHO, P. Avaliação da área queimada e da regeneração da vegetação afetada pelo fogo no Parque Nacional de Brasília através de dados do TM/LANDSAT. São José dos Campos, INPE, 1986. 21p. (INPE-4035-RPE/522).

SANTIAGO, R.H.S.; MEDEIROS, J.S.; SANTOS, J.R. Seleção de canais TM/LANDSAT para avaliação de áreas de reflorestamentos no Estado do Mato Grosso do Sul. IN: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMO; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 4., REUNION PLENARIA SELPER, 6., Gramado, R.S., 10-15, Ago. 1986. Anais. INPE, 1986, V.1, p.60.

SILVA, D. Mapeamento das formações vegetais e da variação da lâmina d'água em parte do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense e adjacências. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1985. 59p. (INPE-3657-TDL/200).

VALERIANO, D.M. Estudo preliminar sobre a viabilidade de detecção de macrófitas flutuantes através de processamento digital de dados do MSS/LANDSAT. São José dos Campos. INPE, 1984. 11p. (INPE-3228-PRE/579).

VALERIANO, D.M.; PEREIRA, M.D.B. Aplicação da seleção de atributos ao mapeamento digital de depósitos de rejeitos de carvão. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 3., Rio de Janeiro, 28.30, nov. 1984.