

AVALIAÇÃO DA ÁREA QUEIMADA E DA REGENERAÇÃO DA VEGETAÇÃO AFETADA
PELO FOGO NO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA ATRAVÉS DE DADOS DO TM/LANDSAT

Flávio Jorge Ponzoni
David Chung Liang Lee
Pedro Hernandez Filho
Instituto de Pesquisas Espaciais
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Foi realizado um estudo envolvendo a utilização de imagens multitemporais, TM/LANDSAT no monitoramento e avaliação da área queimada e da regeneração da vegetação afetada pelo fogo que atingiu o Parque Nacional de Brasília (PNB). Essas imagens foram analisadas visual e automaticamente, procurando identificar e avaliar as melhores bandas do sensor TM/LANDSAT, bem como o potencial de utilização destas imagens em estudos desse gênero. As bandas 4 e 5 desse sensor foram identificadas como as que promoveram uma maior separabilidade entre os temas presentes na área do PNB, nas análises visual e automática respectivamente. O início da regeneração da vegetação foi detectado visualmente em composições de uma imagem da área de interesse correspondente a uma passagem de aproximadamente 2 meses após o incêndio.

ABSTRACT

TM/LANDSAT multitemporal images were used to an evaluation, monitoring and vegetation regeneration study in the Parque Nacional de Brasília (PNB). These images were visual automatically analysed in order to identify the best TM/LANDSAT bands and to evaluate the usefulness of these images in this kind of study. The TM/LANDSAT bands which presented the best separation of the PNB's land cover categories were bands 4 and 5. The first one was identified by visual analysis and the second by the automatic analysis. The beginning of the vegetation regeneration was determined through a color composition of an image acquired two months after the fire.

INTRODUÇÃO

Segundo muitos autores as queimadas exercem sobre os ecossistemas um apreciável papel ecológico. COUTINHO (1980) cita o efeito das queimadas sobre a umidade do solo, redução de sua quantidade de matéria orgânica, nutrientes minerais, aceleração da produtividade primária e sobre a vegetação de um modo geral.

A origem das formas savânicas e campestres de cerrado é frequentemente associada à ação do fogo sobre a vegetação.

Tal é a importância da ação das queimadas que muitas empresas e instituições de pesquisa em todo o mundo têm dedicado esforços no monitoramento e quantificação de áreas queimadas, sobretudo na estimativa de perdas e danos. Nestes tipos de avaliações as fotografias aéreas têm sido usadas desde 1920 (Heller e Ulliman 1983). Mais tarde, por volta de 1961, uma divisão especializada em incêndios florestais do Serviço Florestal norte americano iniciou um programa de pesquisa visando a detecção do fogo. Ao mesmo tempo um número de técnicas de sensoriamento remoto foram sendo exploradas, principalmente o uso de dispositivos eletrônicos.

Uma análise feita por LAVER e KRUMPE (1973) comparando um mapa de uma área queimada gerado por computador através de uma imagem MSS/LANDSAT com um mapa de campo, mostrou uma vantagem dez

vezes superior em favor do produto orbital.

SANTOS e AOKI (1978) realizaram um estudo envolvendo o monitoramento do Parque Nacional de Brasília através de dados orbitais do sensor MSS/LANDSAT, enfatizando o potencial destes na detecção, acompanhamento e quantificação de áreas queimadas. Os autores comprovaram a viabilidade do uso dos dados orbitais no alcance destes objetivos, bem como na localização de sítios os mais susceptíveis à ocorrência de incêndios.

Durante os meses de inverno são comuns os baixos índices pluviométricos na região do Distrito Federal. Como consequência disso, a cobertura vegetal da região, tipicamente de cerrado (senso lato) fica exposta a riscos de incêndios, oriundos das mais variadas causas.

Em meados do mês de junho de 1985, houve um incêndio de grandes proporções na área do Parque Nacional de Brasília que atingiu grande parte de sua cobertura vegetal.

O objetivo deste trabalho é avaliar de forma visual e automática a área queimada utilizando os dados do sensor TM/LANDSAT. Procurou-se identificar as melhores bandas para o monitoramento da área queimada e para a identificação do início do processo de regeneração da vegetação afetada, avaliando ainda o seu potencial para trabalhos desse gênero.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

O Parque Nacional de Brasília abrange uma área de aproximadamente 28000 ha localizada a noroeste do Distrito Federal, entre as coordenadas 15°35' a 15°45' de latitude sul e 47°50' de longitude oeste (Figura 1).

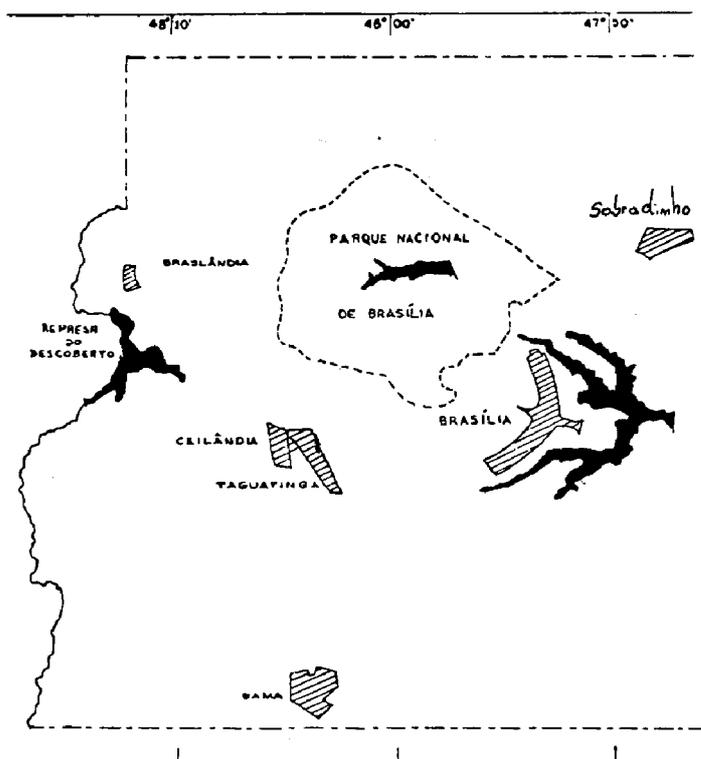


Fig. 1 - Localização do Parque Nacional de Brasília.

A cobertura vegetal em preservação e do tipo Cerrado (senso lato), apresentando vários gradientes de biomassa, desde o Cerrado (senso strictu) ao campo sujo (SANTOS e AOKI, 1978). O clima da região é caracterizado por duas estações bem distintas: uma chuvosa, entre os meses de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro.

2.2 - Material

Foram adquiridas imagens orbitais de quatro passagens distintas que continham a área do Parque; foram elas: 06/02/85, 14/06/85, 30/06/85 e 02/09/85. A primeira correspondeu ao período do chuvoso de 1985, quando a vegetação se apresentava em pleno vigor vegetativo.

A segunda passagem (14/06/85) correspondeu a aquela quando da ocorrência do incêndio.

A passagem seguinte (30/06/85) correspondeu ao período final do incêndio.

E finalmente a passagem do dia 02/09/85, na qual foi identificado o início da regeneração da vegetação após a ação do fogo.

Estas imagens foram adquiridas em fitas CCT, nas bandas 3,4,5 e 7 do TM/LANDSAT, na passagem do dia 06/02/85; em todas as bandas nas passagens dos dias 14/06/85 e 30/06/85; e nas bandas 3,4 e 5 na passagem do dia 02/09/85. Foram ainda adquiridas em papel de bandas 4 e 5, na escala 1:250.000, da passagem do dia 30/06/85.

A análise automática foi conduzida no sistema IMAGE-100 (Analisador de Imagens Multiespectrais) do INPE.

Para a confecção do mapa da área do Parque contendo o contorno da área queimada foram utilizadas cartas planoaltimétricas de Brasília e Taguatinga, na escala 1:100.000, das quais foram extraídos os limites do Parque e as principais vias de drenagem. O contorno da área queimada foi traçado sobre essas informações através de um equipamento denominado ZTS-Zoom Transfer Scope, da Baush & Lomb.

2.3 - Métodos

2.3.1 - Análise visual

Esta fase do trabalho teve dois objetivos:

- estimar a área total queimada ao final do incêndio (30/06/85) a fim de compará-la com a avaliação produzida pela análise automática.
- avaliar a utilidade dos dados TM/LANDSAT na detecção do estágio inicial da regeneração da vegetação do cerrado, após o processo de queima.

A escolha das bandas 4 e 5 para a estimativa da área queimada é justificada pela maior separabilidade visual que estas proporcionaram entre as áreas queimadas e os demais alvos da cena. A área queimada foi estimada com o auxílio de uma rede de quadrículas milimetrada, correspondentes a uma área de 6,25 ha no terreno.

A avaliação do estágio inicial da regeneração da vegetação afetada foi feita comparando-se os padrões de cor e textura apresentados pelas categorias de vegetação identificadas nas composições coloridas das imagens dos dias 06/02/85. Esta análise foi realizada através do monitor de TV do sistema IMAGE-100, que possibilitou a combinação de cores entre as bandas.

2.3.2 - Análise automática

Esta fase foi totalmente realizada através do sistema IMAGE-100, e constituiu basicamente na aplicação dos algoritmos de classificação SINGLE CELL, MAXVER e MEDIA-K às imagens das passagens dos dias 14/06/85 e 30/06/85.

Neste processo de classificação foram consideradas as bandas 3,4,5 e 7 do TM/LANDSAT, dado que as demais apresentavam elementos que poderiam interferir neste processo, tais como: fumaça do próprio incêndio, bruma atmosférica, e outros.

As áreas de cada tema foram calculadas automaticamente através do programa AREA, também implementado no sistema IMAGE-100. Este programa fornece o número de pontos classificados por tema. Como as imagens foram ampliadas na tela do sistema para uma escala de aproximadamente 1:100.000, cada ponto na tela ficou equivalente a 4 pixels; sendo assim as áreas foram determinadas através da aplicação da seguinte fórmula:

$$At = 4 \times 9,0 \times 10^{-4} \times nt \times 100$$

sendo: At = área do tema t em ha,

nt = número de pontos classificados como tema t.

Qualquer um dos três algoritmos de classificação trabalham com amostras de cada tema selecionadas pelo pesquisador. Essas amostras possuem um tamanho variável o qual é definido pelo número de pixels considerados por tema. Como os temas são definidos dentro de intervalos de valores de números digitais, podem ser extraídas as médias e variâncias desses intervalos, e o número de pontos (pixels) amostrados, ou seja, utilizados na determinação desses intervalos.

Esses parâmetros foram considerados no estabelecimento de intervalos de confiança das médias dos números digitais de cada tema. Desta forma foi possível ter uma idéia do desempenho de cada algoritmo na identificação de cada tema, principalmente daquele referente a área queimada, e ainda verificar quais das quatro bandas consideradas proporcionaram uma maior separabilidade entre os temas.

Para a determinação dos intervalos de confiança das médias foi utilizada a seguinte fórmula:

$$ICT = Xt \pm z \times \frac{st}{\sqrt{Nt}} \quad (t = 1, 2, \dots, k)$$

onde: ICT = Intervalo de Confiança para o tema t,

Xt = Média do tema t,

z = Valor tabelado para nível α de probabilidade,

st = Desvio padrão para o tema t,

Nt = Número de pontos amostrados para o tema t,

k = Número de temas.

Para o caso específico deste trabalho o valor de α considerado foi de 5%, o que implicou num valor de z tabelado igual a 1,96.

2.3.3 - Confeccção do mapa

O contorno da área queimada foi extraído da imagem do dia 30/06/85 (banda 4), na escala de 1:250.000, com o auxílio de uma transparência colocada sobre a mesma. Esse contorno foi transferido para o mapa confeccionado através das informações contidas nas cartas planaltimétricas citadas na secção 2.2, através do equipamento ZTS-Zoom Transfer Scope.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 - Análise Visual

3.1.1 - Estimativa da área queimada

A imagem do dia 30/06/85 foi escolhida para a determinação da área queimada por compreender a data próxima ao final do incêndio.

Houveram duas áreas no interior do Parque que foram interpretadas como queimadas. Neste trabalho somente foi considerada a área localizada ao sul do Parque, dado que esta se apresentou integralmente em todas as passagens, o que não ocorreu com a outra área devido a problemas de oscilações na órbita do satélite, impedindo seu completo imageamento.

A Tabela 1 ilustra os resultados obtidos da interpretação das bandas 4 e 5.

TABELA 1

ESTIMATIVA DA ÁREA QUEIMADA ATRAVÉS DA ANÁLISE VISUAL

Banda TM	N Quadrículas	Área (ha)	% da área total
4	1709	10681,4	38,1
5	1626	10162,5	36,3

Os percentuais da área queimada foram calculados tomando-se como base total do Parque que é de aproximadamente 28.000 ha. Verificou-se que a imagem da banda 5 apresentou a área queimada com uma textura mais uniforme do que aquela apresentada pela imagem da banda 4. Isso pode ser explicado pela melhor discriminação espectral que esta última proporciona em se tratando de áreas com cobertura vegetal.

Devido a ausência de informações de campo referentes a estimativa da área queimada, não foi possível determinar quais das interpretações acima foi a mais correta.

A análise visual da composição colorida (BANDAS TM: 3,4, e 5; azul verde e vermelho, respectivamente), da imagem do dia 14/06/85, permitiu a observação de locais contendo fogo ativo; algo inédito a nível orbital.

3.1.2 - Regeneração da vegetação

Esta etapa constituiu na comparação visual das composições coloridas das imagens dos dias 06/02/85 e 02/09/85. Para esta comparação foram utilizadas as bandas 3,4 e 5, nas cores azul, verde e vermelho respectivamente.

Na imagem do dia 06/02/85 a vegetação aparece vigorosa destacando-se a mata de galeria e cerrado com os temas de maior realce.

A observação da imagem do dia 02/09/85 revelou a ocorrência de mais um incêndio ocorrido no setor noroeste do Parque. Como o objetivo desta fase do trabalho era avaliar visualmente o estágio inicial da regeneração da vegetação, a análise se restringiu a área do primeiro grande incêndio, cujo contorno ainda era visível nessa passagem.

A tonalidade escura apresentada por essa área na composição colorida da imagem do dia 30/06/85, foi substituída por uma coloração esverdeada no mesmo tipo de composição, na imagem do dia 02/09/85, indicando uma provável presença de rebrotas na vegetação afetada pelo fogo. Na composição colorida do dia 06/02/85 eram distinguíveis temas diversos (cerrado, campo cerrado e campo sujo) na área que seria posteriormente queimada. Essa distinção não foi possível na composição da imagem do dia 02/09/85. Nesta última, no interior da área queimada, foram verificados locais de possíveis reincidências de fogo ou que apresentaram uma maior dificuldade a regeneração.

Mesmo nas áreas não atingidas pelo fogo a vegetação apresentou-se bem menos vigorosa na passagem do dia 02/09/85 comparada a de 06/02/85, que pode ter sido causado pela longa estiagem verificada no ano de 1975 que perdurou até o início do ano seguinte.

3.2 - Análise automática

As imagens das passagens dos dias 14/06/85 e 30/06/85 foram submetidas aos algoritmos de classificação SINGLE CELL, MAXVER e MEDIA-K (bandas TM 3,4,5 e 7).

O tema Queimada 2 representou uma segunda área queimada situada a nordeste do Parque que foi diferenciada daquela considerada neste trabalho (ao sul do Parque) na passagem do dia 30/06/85, através da aplicação do algoritmo SINGLE CELL.

Outros temas foram confundidos em algumas passagens e algoritmos específicos. É o caso do tema Cerrado (senso stricto) que foi confundido com o tema Mata de galeria na passagem do dia 14/06/85 nos algoritmos MAXVER e MEDIA-K. Os temas Água e Queimada foram confundidos na passagem do dia 30/06/85 no algoritmo MEDIA-K e finalmente os temas Fumaça e Campo sujo também foram confundidos nessa mesma passagem, agora no algoritmo MAXVER.

Conforme descrito na seção 2.3.2, foram extraídas as médias e variâncias dos números digitais e números de pontos amostrados de cada tema, da imagem do dia 30/06/85. Isto permitiu estabelecer os intervalos de confiança para essas médias para cada banda em todos os algoritmos. O objetivo deste procedimento foi testar, ao nível de 5% de probabilidade, a similaridade entre as médias, procurando identificar as bandas que proporcionaram uma melhor separabilidade de entre elas.

As Figuras 2 e 3 mostram os gráficos contendo esses intervalos para os algoritmos MAXVER e MEDIA-K. Os intervalos calculados para o algoritmo SINGLE CELL não foram plotados por serem muito pequenos além desse algoritmo não apresentar igualdades entre as médias ao nível de probabilidade proposto.

A análise dos gráficos (Figura 2 e 3) permite verificar que a banda que proporcionou uma melhor separabilidade entre os temas foi a banda 5. No algoritmo MAXVER os temas de Mata de

galeria e Cerrado foram confundidos nas bandas 3 e 4, sendo que na banda 4 não houve diferença significativa entre as médias destes dois temas.

Os temas Água + queimada, Queimada e Mata de galeria foram confundidos entre si na banda 3 no algoritmo MEDIA-K, sendo que as médias dos dois primeiros temas não apresentaram diferença significativa, o mesmo acontecendo na banda 4 com os temas Mata de galeria e Campo cerrado, e na banda 7 com os temas Queimada e Cerrado.

O algoritmo SINGLE-CELL não apresentou temas confundidos em nenhuma banda, sendo que também aqui a banda 5 foi a que apresentou maior separabilidade entre os temas.

A Figura 4 mostra um gráfico contendo as médias dos números digitais dos temas identificados nesse algoritmo, que ilustra melhor separabilidade entre esses temas na banda 5.

Levando em consideração a estimativa visual da área queimada realizada com a banda 4, o algoritmo que proporcionou uma estimativa mais próxima desta foi o MEDIA-K, contudo este foi o que apresentou o maior número de temas confundidos.

3.3 - Mapa

O Anexo A mostra o mapa do Parque contendo a localização da área queimada neste trabalho.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tanto no que se refere a análise visual quanto a automática, as imagens TM/LANDSAT mostraram-se bastante eficientes na detecção e monitoramento da área queimada do Parque.

A indicação da banda 4 como a melhor banda para a identificação e quantificação da área queimada foi feita baseando-se nos padrões tonais e de contraste apresentados por esta em relação aos demais temas contidos no interior do Parque. Como foi mencionado anteriormente, a banda 5 apresentou uma maior homogeneidade no interior da área queimada em relação a banda 4, o que não foi considerado vantajoso porque esta última permitiu a identificação de áreas não atingidas pelo fogo, as quais não foram identificadas na análise automática por apresentarem pouco contraste nas composições coloridas das bandas 3,4 e 5.

Em trabalhos futuros devem ser realizadas missões de verificação de campo no sentido de identificar e quantificar a área queimada, obtendo-se assim dados que poderão ser comparados com aqueles obtidos por ambas as análises (visual e automática).

Ainda com relação a análise automática, técnicas de realce e posterior classificação poderiam ser testadas.

ALGORITMO MAXVER

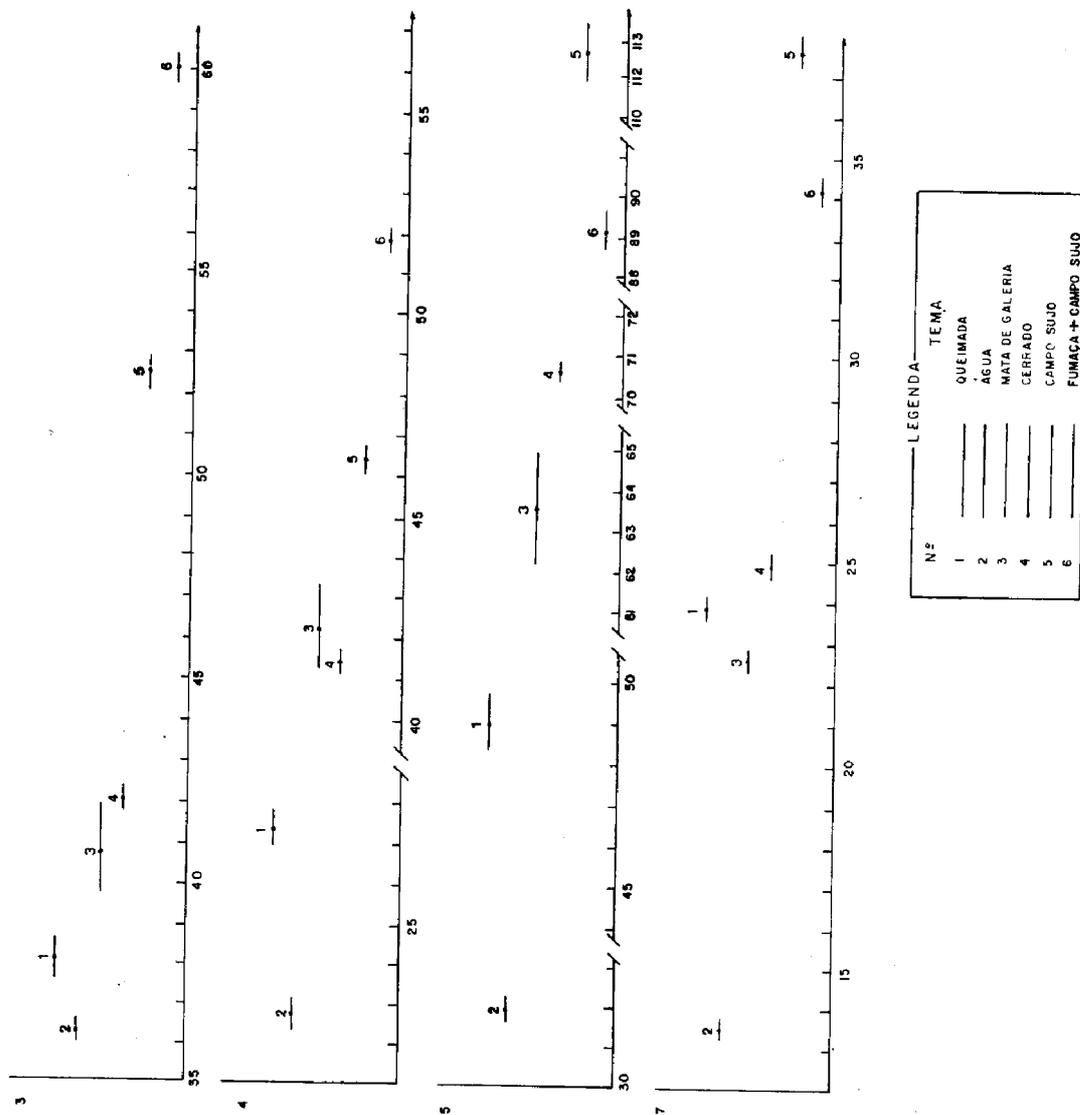


Fig. 2 - Intervalos de confiança para as médias dos números digitais dos temas, identificados no algoritmo MAXVER.

ALGORITMO MÉDIA-K

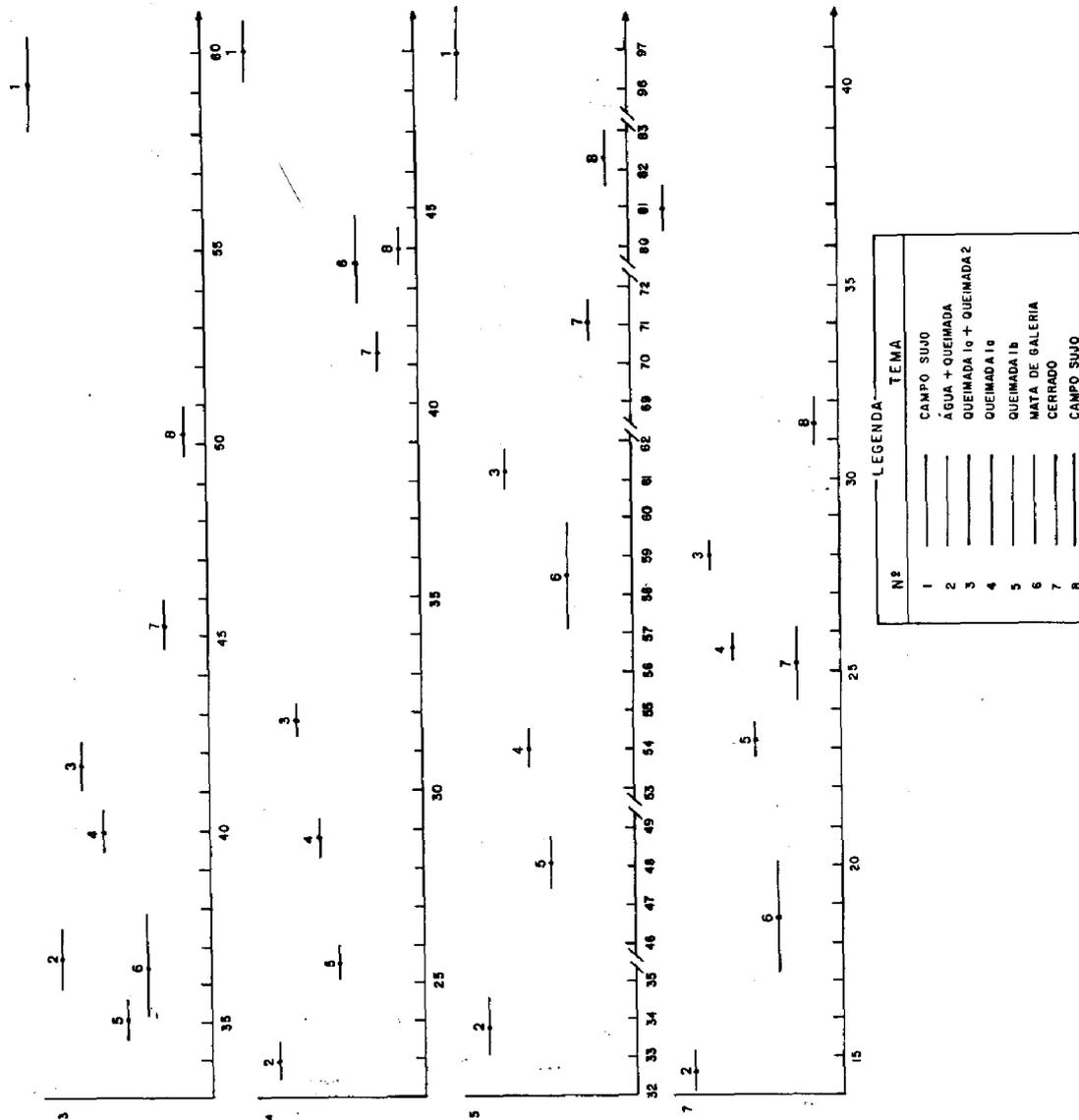


Fig. 3 - Intervalos de confiança para as médias dos números digitais dos temas, identificados no algoritmo Média-K.

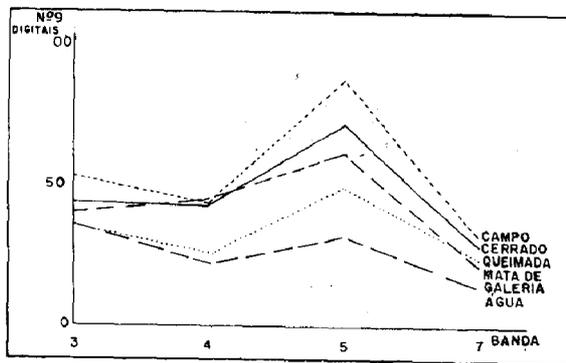


Fig. 4 - Médias dos números digitais dos temas identificados no algoritmo Single Cell.

A análise visual das composições coloridas da imagem do dia 02/09/85 permitiu a constatação do início da recomposição da cobertura vegetal. Mais uma vez a ausência de informações de campo impossibilitou o estabelecimento de correlações entre estas e os padrões de textura e coloração apresentados nas composições. O monitoramento da regeneração poderia ser efetuado através da análise de imagens de passagens posteriores ao incêndio, ao longo de um período mais amplo previamente estabelecido.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUTINHO, L.M. As queimadas e seu papel ecológico. *Brasil Florestal*, 44:(7-32), IBDF, 1980.
- HERINGER, E.P. In: III Simpósio sobre cerrado (M.G. Ferri, coord.) Ed. Univ. de São Paulo e Ed. Edgard Blucher, São Paulo, p. 167, 1971.
- HELLER, R.C. e ULLIMAN, J.J. Forest resource assessment - Manual of Remote Sensing, ASP, 2ª ed., p. 2229-2324, 1983.
- LAUER, D.T. e KRUMPE, P.E. Testing the usefulness of ERTS-1 imagery for inventoring wildland resource in northern California; ASP, 1973.
- RIZZINI, C.T. In: III Simpósio sobre cerrado (M.G. Ferri, ed) Ed. Universidade de São Paulo e Ed. Edgard Blucher, São Paulo, p. 117, 1971.
- SANTOS, J.R. e AOKI, H. Monitoramento do Parque Nacional de Brasília através de dados orbitais. In: I Simpósio Bras. de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, SP, 1978.
- WARMING, E. Lagoa Santa: contribuição para a geografia phytobiologica. Belo Horizonte (Trad. de Lagoa Santa et Bidrad tilden biologiske plantegeographi; Kjobenhavn, 1982), 1908.