

Monitoramento de período de seca utilizando subtração de imagem NDVI: Estudo de caso do Reservatório do Irai – PR.

Marcelo Guimarães Ribeiro ¹
Elmo Leonardo Xavier Tanajura ²
Jorge Antonio Silva Centeno ³

^{1,2,3} Universidade Federal do Paraná - UFPR
Caixa Postal 19.001 – 81.531-990 – Curitiba - PR, Brasil
¹mgrcivil@hotmail.com, ²elmotanajura@yahoo.com.br, ³centeno@ufpr.br

Abstract. Vegetation indices have been used in several works as vegetation parameter estimation and so other applications. The purpose of this paper is to present an evaluation of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to verify the effects of drought period over the dam of Irai River in the metropolitan area of Curitiba-Paraná-Brasil. Images from satellite CBERS 2 in two distinct epochs were made geometric corrections, transformed to NDVI and subtracted each other. The resultant image was divided in two regions, inside and outside dam. They were put in groups and classified each one shared in the variation of their digital numbers. The NDVI was satisfactory for showing the reduction of water covered surface along drought period.

Palavras-chave: remote sensing, , NDVI, CBERS, dam of Irai, sensoriamento remoto, NDVI, barragens. Barragem do Irai.

1. Introdução

No ano de 2005, o estado do Paraná experimentou uma das mais severas secas dos últimos anos, com graves conseqüências para a agricultura e atingindo até o abastecimento da população. Nos meses de inverno até meados de setembro, a região metropolitana de Curitiba sofreu intensamente com os efeitos desta estiagem. Em agosto, segundo informações do Instituto Tecnológico Simepar, o volume de chuvas foi de 36 mm, enquanto o considerado normal é de 80 mm, isto é, menos da metade. Em todo Paraná, 42 municípios permaneceram em estado de emergência devido à falta de chuvas, amenizando a situação apenas em setembro.

Para evitar um posterior colapso no fornecimento de água, os 1,8 milhões moradores da capital e região metropolitana adotaram o sistema de rodízio de abastecimento de água. Os bairros de Curitiba e região metropolitana, abastecidos pela represa do Irai e Piraquara I, foram divididos em setes grupos que tiveram o fornecimento de água interrompido por 26 horas seguidas em cada grupo, segundo uma escala divulgada pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), segundo dados do Jornal Comunicação (2006).

Uma forma eficiente de monitorar os efeitos da seca numa região é usando imagens de sensoriamento remoto. As técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) têm sido amplamente utilizadas em estudos de monitoramento de períodos de estiagem, pois possibilitam uma visão panorâmica do fenômeno e a atual disponibilidade de imagens permite efetuar estudos temporais com alta frequência. No presente trabalho, objetivou-se estudar o efeito da estiagem em que o Estado do Paraná, mais especificamente Curitiba e Região Metropolitana, vem sofrendo recentemente.

2. Revisão de literatura

Alguns pesquisadores propuseram índices agroclimáticos para acompanhar e monitorar a seca, os quais são obtidos baseados em séries temporais de precipitação e outras informações meteorológicas. Jackson et al. (1983), analisando diferentes índices de vegetação, verificaram que os índices de vegetação, obtido pela razão entre a reflectância do infravermelho próximo e o vermelho, e o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), obtido pela razão entre a diferença e a soma das reflectâncias do infravermelho próximo e do vermelho são bastante sensíveis a variações de umidade da superfície, sendo o NDVI menos sensível à influência da atmosfera. A razão entre bandas serve para evidenciar pequenas variações espectrais da cobertura do terreno que de outra maneira encontram-se mascaradas pela pequena variação dos níveis de cinza.

A variação adimensional do NDVI reflete a condição real da vegetação, sendo que valores máximos indicam vegetação em ótimo estado e valores menores demonstram estado de stress hídrico. Essa característica do NDVI permite, através da classificação, a separação da vegetação das demais feições presentes na cena (Rosa, 2003)

Teng (1990) descreve um estudo da aplicação do índice de vegetação normalizado para o acompanhamento dos efeitos da seca no meio oeste dos Estados Unidos, utilizando o sensor AVHRR. A eficiência do índice foi comprovada através de estudos de campo, sendo ainda apontado pelo autor que a aplicação do índice de vegetação permite detectar a seca na sua fase inicial. O uso das imagens orbitais permite efetuar uma análise operacional cobrindo extensas áreas e em tempo real.

A aplicação de índices de vegetação também foi avaliada por Centeno et al (1993) na região nordeste do Brasil. Esta região tipicamente sofre os efeitos da seca. O índice de vegetação normalizado, derivado de imagens NOAA AHRR permitiu acompanhar a evolução da estiagem e identificar os municípios mais severamente atingidos.

3. Área de Estudo

O estudo se baseou na área do reservatório do Rio Iraí, localizado entre os municípios de Piraquara, Quatro Barras e Pinhais, no Estado do Paraná. O reservatório do Iraí com uma área de aproximadamente 10,6 Km² (**Figura 1**), é a principal captação de água na bacia do altíssimo Iguaçu que produz em conjunto uma vazão de 5.600 l/s (Andreoli et al, 2003), garantindo o fornecimento de água para cerca de dois milhões de pessoas. Por estar situado em uma região próxima a centros urbanos, suas imediações vêm sofrendo sérias conseqüências em decorrência das atividades antrópicas como desmatamento, ocupações irregulares, queimadas entre outras. A área é protegida pela criação de uma APA (Área de Proteção Ambiental) através do Decreto Estadual nº 1753/93.

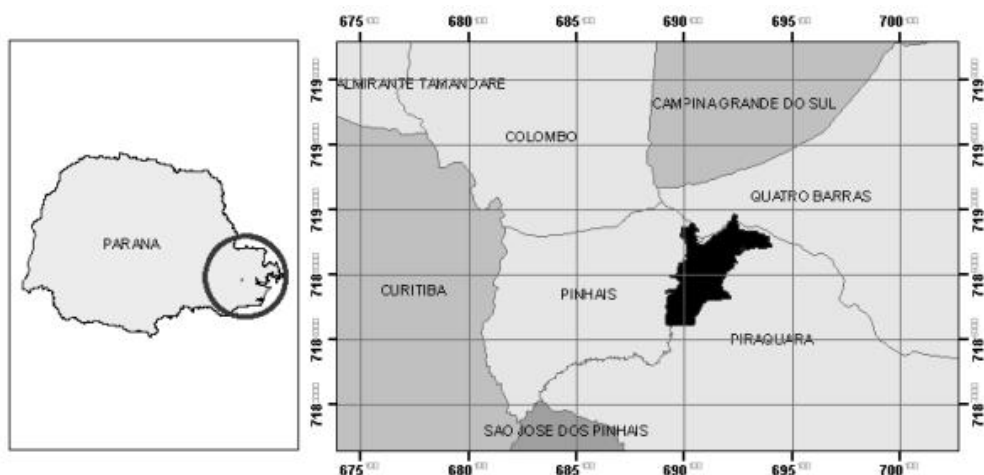


Figura 1- Localização da Área de Estudo.

4. Material e Métodos

Os dados de duas estações pluviométricas operadas pela SUDERHSA foram utilizados para determinar a condição de precipitação na região durante o período de 12 meses compreendido entre julho de 2005 e junho de 2006. As estações utilizadas são: 2549004 e 2549075, ambas localizadas nos municípios de Piraquara e Curitiba respectivamente. Os dados históricos de precipitação na região foram obtidos através do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná). A **Figura 2** mostra o gráfico do desvio da precipitação na região de estudo no período de estudo.

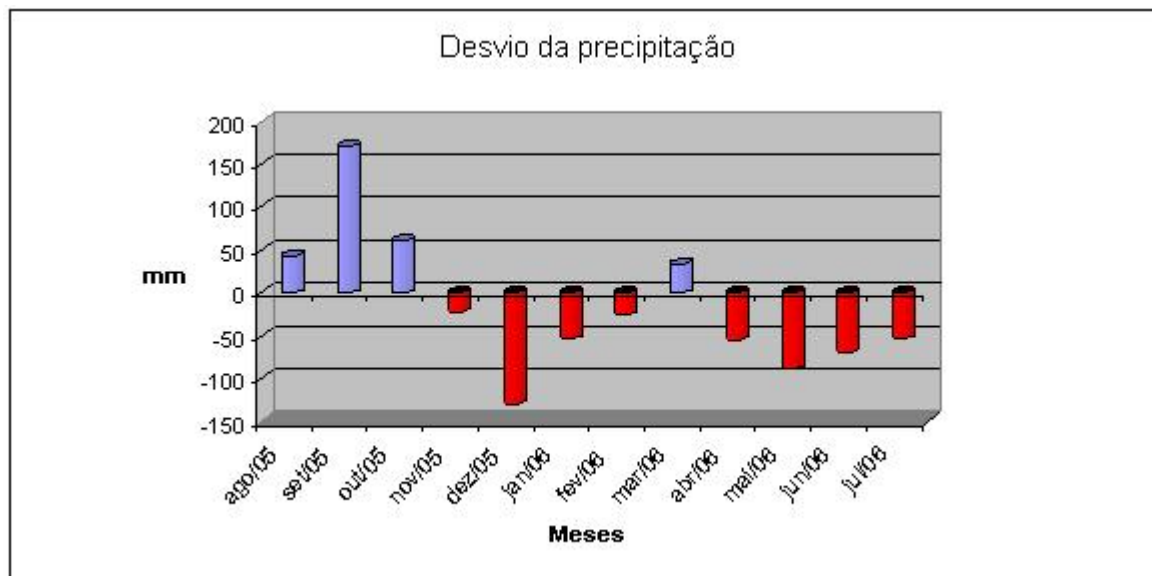


Figura 2 – Gráfico do desvio da precipitação na região do reservatório do Irai.

Foram utilizadas neste trabalho duas imagens originadas do sensor CCD do sistema CBERS-2 com uma faixa de 113 km de largura, resolução espacial de 20m e 26 dias de resolução temporal. A Câmera CCD opera em 5 faixas espectrais, sendo que quatro bandas variam entre 0,45 – 0,89 μ m e uma faixa pancromática de 0,51 a 0,73 μ m. As duas cenas CB2CCD Órbita/Ponto 156/128 foram adquiridas de forma gratuita no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), suas respectivas datas são de novembro de 2005 e julho de 2006. Para efetuar a correção geométrica da imagem foram utilizadas cinco cartas

topográficas, restituídas com base em levantamento aerofotogramétrico, obtidas através da SUDERHSA.

Foi efetuado um recorte com dimensões de 600 x 600 pixels nestas imagens. A área do recorte engloba o reservatório do Irai e mais uma região de proteção ambiental que apresenta ocupação urbana e vegetação nativa. Este procedimento foi executado com o auxílio do programa ENVI 4.2 e o resultado desta operação está apresentado na **Figura 3**. Observa-se que a **Figura 3.a** mostra a região no mês de novembro, onde o reservatório apresenta uma elevada capacidade decorrente das boas precipitações dos meses de setembro e outubro, que foram em média 100 mm superiores a média histórica da região (IAPAR). Já a **Figura 3.b** mostra a realidade do reservatório após o período de estiagem do ano de 2006, onde a precipitação oscilou na faixa de 50 a 100 mm inferior a média histórica nos meses de abril a agosto de 2006.

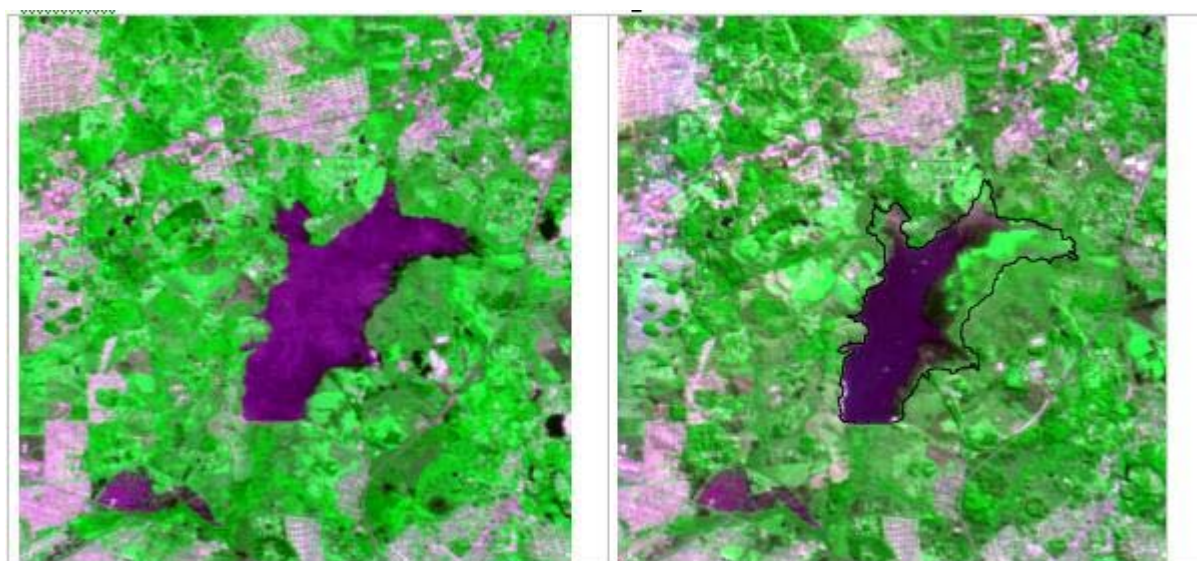


Figura 3 – (a) Novembro de 2005 e (b) Julho de 2006 com vetor do reservatório cheio.

Para realçar as mudanças ocorridas na região foi utilizada a técnica de índice de vegetação. Dentre estes índices de vegetação, o “Normalized Difference Vegetation Index” (NDVI) desenvolvido por Rouse et al. (1974), é o mais conhecido e utilizado para estudos de caracterização e monitoramento da vegetação, dentre outras aplicações. O NDVI aproveita a diferença de resposta espectral da vegetação nas bandas do vermelho e infravermelho, para estimar o nível de estresse hídrico das plantas através da seguinte expressão:

$$NDVI = \frac{\eta_{IV} - \eta_V}{\eta_{IV} + \eta_V} \quad (1)$$

Onde:

η_{IV} - Reflectância na banda do infravermelho próximo.

η_V - Reflectância na banda do vermelho.

Os valores de NDVI variam dentro do intervalo compreendido entre os valores [-1,1]. Sendo que a vegetação apresenta valores positivos e próximos de 1, uma vez que a resposta espectral é maior no infravermelho próximo do que no vermelho. Percebe-se que no caso da resposta da vegetação, quanto mais “saudável” é a planta, mais próximo da unidade será o resultado do índice de vegetação. Portanto áreas verdes que enfrentem períodos de estiagem tendem a ter minorado os seus valores de NDVI. Os solos expostos ou com vegetação rala

apresentam valores positivos próximos de zero, já a água como tem reflectância maior no vermelho do que no infravermelho apresenta valores negativos e também próximos de zero. O cálculo e geração das imagens NDVI foram realizados no programa ENVI 4.2. A **Figura 4** apresenta o resultado da transformação NDVI nas imagens.

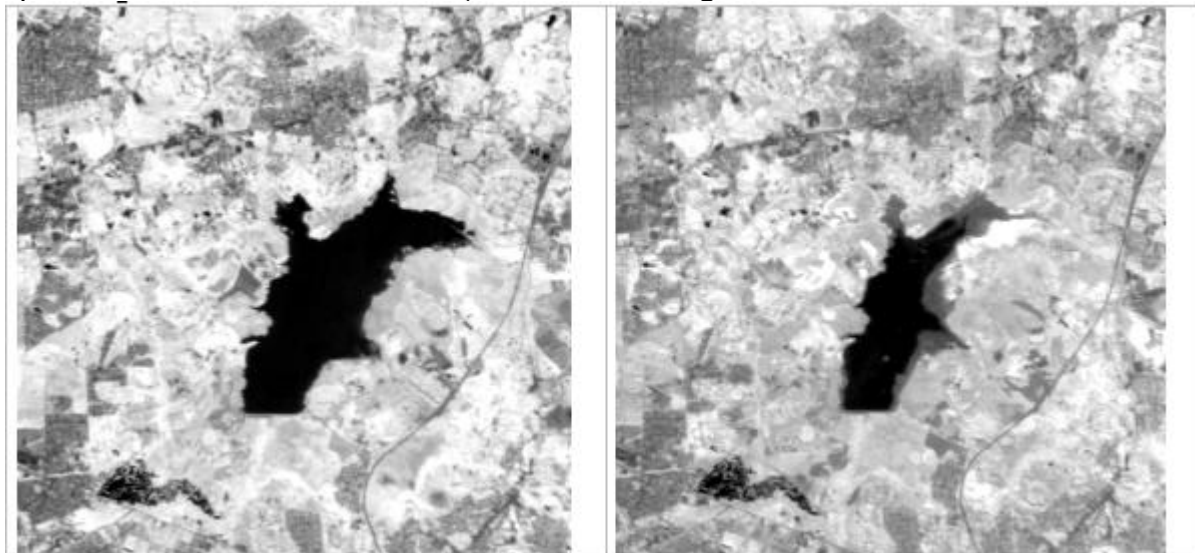


Figura 4 – Imagens NDVI (a) novembro-2005 e (b) julho-2006

A partir das imagens do índice de vegetação processou-se uma operação aritmética entre as duas imagens com o objetivo de evidenciar as mudanças ocorridas na região durante o período de estudo. A operação utilizada foi a subtração entre a imagem NDVI do mês de novembro de 2005 pela imagem NDVI do mês de julho de 2006. O resultado é uma nova imagem que apresenta valores negativos, zeros e positivos. Esta nova imagem foi utilizada para se determinar e quantificar as mudanças na paisagem.

O resultado da subtração foi dividido em duas regiões para análise. As região 1 corresponde a área ocupada pelo reservatório, e a região 2 correspondente à área no entorno do reservatório dentro do recorte. Esta divisão se faz necessária devido à resposta espectral próxima entre as áreas de vegetação rasteira e as áreas que continuaram cobertas por água, na imagem resultante da subtração.

5. Resultados e Discussão

A **Figura 5** mostra o resultado da operação de subtração entre bandas. O histograma de saída da imagem está dentro do intervalo $[-0.65$ a $0.47]$. A feição vegetação apresenta valores altos de NDVI quando no estado úmido e valores menores quando a região apresenta os efeitos de estresse hídrico, decorrente do período de estiagem. Como resultado da subtração obteve-se valores positivos em média na casa do valor digital 0.3.

As feições de solo exposto têm valores de índice de vegetação maior na fase seca, portanto tem como resultado valores negativos e próximos de zero. Já a água apresenta valores positivos próximos de zero para as áreas que continuam cobertas por água e valores negativos para as áreas que secaram. A região do reservatório que secou, apresenta duas faixas bem distintas. Sendo uma região onde o solo está exposto, mas continua úmido na superfície e outra onde a superfície já se apresenta seca.

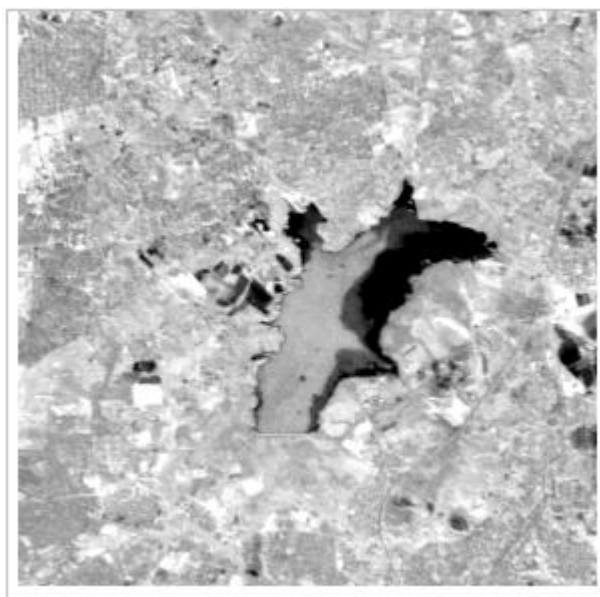


Figura 5 – Resultado da subtração das imagens de NDVI

A região 1 apresenta em seu histograma uma variação no intervalo $[-0.65, 0.14]$. Com base nesta variação a região foi dividida em 5 classes. Para exibição da imagem de agrupamento, cada classe recebeu um valor digital de nível de cinza. Na região do reservatório as classes foram definidas com os seguintes valores: 20, 40, 60, 80 e 100 sendo que valores. Sendo que a variação de 20 a 100 equivale à variação de $-0,65$ a $0,14$ respectivamente.

Na região 2, o fatiamento foi executado de acordo à frequência acumulada derivada do histograma da região. Os valores digitais utilizados para representar as fatias da região 2 são 140, 160, 180, 200 e 240. A **tabela 1** mostra o resultado destes dois agrupamentos.

Tabela 1 – Agrupamento das regiões da imagem de subtração

	DN	<i>Pixels</i>	%
Região 1	20	1420	0,39
	40	3502	0,97
	60	5065	1,41
	80	6037	1,68
	100	10474	2,91
Região 2	160	51699	14,36
	180	62849	17,46
	200	107824	29,95
	220	101763	28,27
	240	9367	2,60

Foram atribuídas cores a cada faixa, seguindo a metodologia “*ColorBrewer*” proposta por Harrower e Brewer (2003), dentro do ambiente *ARCGIS*. O esquema de cores foi dividido em duas regiões, da mesma forma que já tinha ocorrido com a separação em classes. O resultado do agrupamento com a utilização da tabela de cores do “*ColorBrewer*” esta na **Figura 6**.

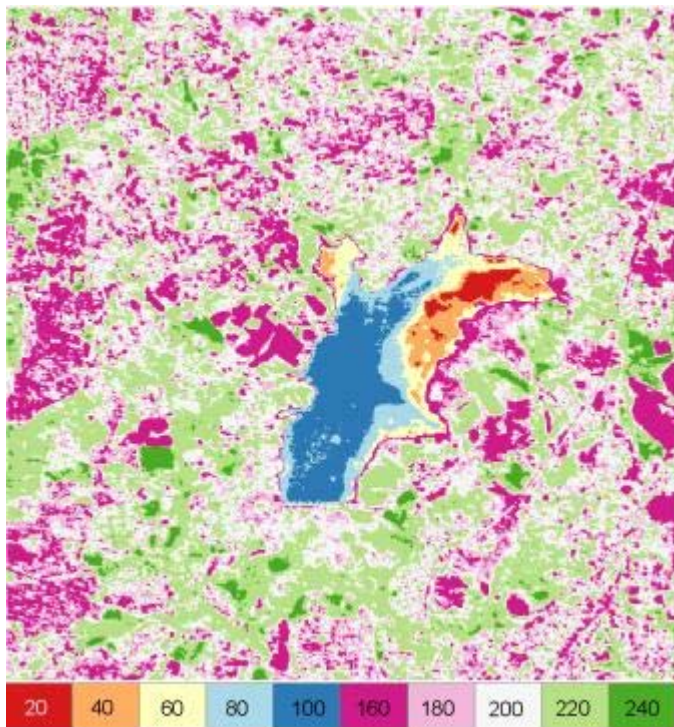


Figura 6 – Agrupamento da imagem de subtração NDVI

O Agrupamento dos pixels com base na variação dos valores digitais dos *pixels* na região 1 (área do reservatório) serviu satisfatoriamente para demonstrar a redução da área de superfície coberta por água (classe 100), e ainda separou a região que secou (classes 20 e 40) da região que continua úmida (classes 60 e 80). Considerando a redução do espelho de água, foi verificado que, em julho de 2006 a superfície do reservatório era de apenas 44% da área observada em novembro de 2005.

Na região 2 (área externa ao reservatório), as mudanças ocorridas em virtude do período de estiagem foram demonstradas com a análise da frequência acumulada dos *pixels*. As regiões urbanizadas tiveram pouca variação e ficaram determinadas com a classe 160, 180 e 200. As áreas de vegetação densa (classe 240) foram as mais afetadas pela estiagem e tiveram as maiores perdas nos valores de NDVI. Já as áreas de vegetação rasteira (classe 220) tiveram uma variação menor devido a influencia do solo na sua resposta espectral.

6. Conclusão

O emprego do índice de vegetação NDVI, aliado com a técnica de subtração de imagens determinou uma redução de aproximadamente 44 por cento na área coberta por superfície líquida do reservatório do Irai, sendo que esta mesma área seca está dividida em área ainda úmida e solo com superfície seca. Da mesma forma a área externa ao reservatório também apresentou bons resultados, na determinação das discrepâncias ocorridas em virtude da estiagem, com a utilização destas técnicas.

É preciso ressaltar que as feições água e vegetação rasteira apresentam resultados similares na operação de subtração espectral de NDVI. Portanto deve-se que tomar cuidado na etapa de agrupamento de feições, para não se cometer equívocos.

A sua boa separabilidade das áreas que secaram no reservatório torna esta técnica de subtração espectral de imagens NDVI uma importante ferramenta no monitoramento de estiagem em regiões que apresentam corpos d'água.

7. Referências

Andreoli, C. V. **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão: estudo de caso do Altíssimo Iguaçu**. Curitiba: SANEPAR, 2003.

Centeno, J.A.S.; Kishi, R. T.; Toledo, M.. Monitoramento do período seco na zona da mata do estado de Alagoas. In: VIII Congresso Brasileiro de Recursos Hídricos, 1993, Gramado RS. Anais do VIII congresso brasileiro de recursos hídricos. 1993. p. 51.

Harrower, M.A.; Brewer, C.A., 2003, ColorBrewer.org: An Online Tool for Selecting Color Schemes for Maps, **The Cartographic Journal** 40(1): 27-37.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. Monitoramento Agroclimático: Zoneamento Agrícola. 2006. Disponível em: <<http://www.iapar.br/zonpr/>>. Acessado em 29 de agosto de 2006.

Jackson, R.D.; Slater, P. N.; Pinter Jr, P. J. Discrimination of Growth and Water Stress in Wheat by Various Vegetation Indices Through Clear and Turbid Atmospheres. **Remote Sensing of Environment**, New York, NY, v.13, p.187-208, 1983.

Jornal Comunicação, UFPR. Disponível em: <<http://www.jornalcomunicacao.ufpr.br/redacao3/node/42>>. Acesso em 30 out. 2006.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Editora: Universidade Federal de Uberlândia. 5ª edição. Uberlândia, 2003. p.228.

Rouse, J.W., R.H. HAAS, J.A. SCHELL, D.W. DEERING, J.C. HARLAN. Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. **NASA/GSFC**, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974, 371 p.