

**Análise dos efeitos do déficit hídrico na resposta temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em diferentes condições climáticas do Estado do Rio de Janeiro**

Igor Balteiro Pereira de Campos<sup>1</sup>  
Célia Maria Paiva<sup>1</sup>  
Luciana Mara Temponi Oliveira<sup>2</sup>  
Gutemberg Borges França<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
Depto de Meteorologia – Rio de Janeiro – RJ, Brasil  
{igor, celia, gutemberg}@lma.ufrj.br

<sup>2</sup>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE  
Rio de Janeiro – RJ, Brasil  
lutemponi@gmail.com

**Abstract.** Recent works report that the NDVI responds with a temporal delay to the rainfall and water deficit. Depending on the rainfall regime, type of vegetation and type of soil, this time response may vary from region to region. In this direction, this study has as objective to identify the different standards of temporal relations between the NDVI and the water deficit in different climatic conditions of the Brazilian territory. For analysis, nine meteorological stations of the National Institute of Meteorology (INMET) located in the State of the Rio de Janeiro had been chosen. Data obtained from EFAI-NDVI temporal series and the INMET Climatologic Normals had been used to plot the graphs of NDVI seasonal behavior and to elaborate the climatologic water balance, according to the methodology of Thornthwaite and Mather. The results show the existence of a temporal delay from the occurrence of water excess or deficit to a change in NDVI-EFAI for the studied region.

**Palavras-Chave:** *remote sensing, vegetation index, drought, sensoriamento remoto, índice de vegetação, seca.*

## 1. Introdução

Índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto orbital podem auxiliar na identificação de ocorrência de secas em escala regional. O Índice de vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem sido usado no monitoramento desse fenômeno e de seus impactos na vegetação (Gutman 1990, Kogan 1990, Hutchinson 1991) com resultados promissores. Liu e Kogan (1996) reportam que o NDVI responde com uma defasagem temporal de um mês à ocorrência de precipitação e de déficit hídrico na região nordeste do Estado de São Paulo. Adicionalmente, mencionam que dependendo do regime de precipitação, tipo de vegetação e tipo de solo, essa resposta temporal pode variar de região para região. Conseqüentemente, um mesmo valor de NDVI pode estar associado à situação de seca em uma determinada região e em outra não. Assim, é importante identificar o padrão de resposta do NDVI ao déficit hídrico em cada região. Mediante tais constatações, este estudo tem como objetivo identificar os diferentes padrões de resposta temporal do NDVI em relação ao déficit hídrico em diferentes condições climáticas do Estado do Rio de Janeiro, uma vez que, como já mencionado, esses valores mudam em função das condições ambientais.

## 2. Metodologia de Trabalho

Como região de estudo foram escolhidas nove estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas no Estado do Rio de Janeiro. As estações do INMET foram agrupadas segundo suas localizações, a saber: Itaperuna, Cordeiro e Nova Friburgo (interior ao norte do Estado/Grupo 1); Campos e Cabo Frio (litoral ao norte do Estado/Grupo 2); Pirai e Ecologia Agrícola (interior ao sul do Estado/Grupo 3); Ilha Guaíba e Angra dos Reis (litoral ao sul do Estado/Grupo 4). Na elaboração do estudo foram utilizados os seguintes conjuntos de dados: 1) Série temporal do EFAI-NDVI, desenvolvido por Stöckli (2004), com resolução temporal de 10 dias e espacial de  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ , do período de 1982 a 1995. O EFAI-NDVI foi gerado a partir do Pathfinder NDVI do AVHRR a bordo dos satélites NOAA 7, 9, 11 e 14, calculado com as reflectâncias nos canais visível e infravermelho próximo, em basicamente duas etapas: *i*) interpolação espacial ponderada pelo inverso da distância para o preenchimento dos pixels com falhas; e *ii*) interpolação temporal por meio de ajuste de Fourier com e sem peso, o que permitiu a obtenção de uma série temporal do índice com variação sazonal mais livre dos ruídos a que os dados do AVHRR estão sujeitos (Gutman 1991; Tanré *et al.* 1992, Kogan 1995). A metodologia de geração do EFAI-NDVI é apresentada em Stöckli e Vidale (2004) e Stöckli (2004); 2) Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referente ao período de 1982 a 1995 relativas às estações meteorológicas mencionadas (Brasil, 1992). Os métodos consistem das seguintes etapas: 1) Cálculo do balanço hídrico climatológico médio mensal, com os dados do INMET, utilizando o procedimento desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) para as estações meteorológicas consideradas; e 2) Identificação de padrões de resposta dos valores do NDVI-EFAI relativos à ocorrência de excedente e déficit hídrico para as estações.

## 3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra os valores de deficiência hídrica máxima, NDVI mínimo, excedente hídrico máximo, NDVI máximo e os respectivos meses em que os mesmos ocorrem, bem como a defasagem em meses entre a ocorrência da deficiência hídrica máxima e do NDVI mínimo e a ocorrência do excedente hídrico máximo e do NDVI Máximo para as nove estações do INMET consideradas neste estudo. As estações do

INMET foram agrupadas segundo suas localizações no Estado do Rio de Janeiro, a saber: Itaperuna, Cordeiro e Nova Friburgo (interior ao norte do Estado/Grupo 1); Campos e Cabo Frio (litoral ao norte do Estado/Grupo 2); Piraí e Ecologia Agrícola (interior ao sul do Estado/Grupo 3); Ilha Guaíba e Angra dos Reis (litoral ao sul do Estado/Grupo 4).

Por essa tabela observa-se que os valores das deficiências hídricas máximas variaram entre: -13,87 e -19,42 mm no Grupo 1; -48,09 e 49,74 mm no Grupo 2; -7,18 e -7,23 mm no Grupo 3; e no Grupo 4 teve valor igual a -8,29 mm na estação Ilha Guaíba. Na estação Angra dos Reis não ocorreu deficiência hídrica ao longo do ano. No Grupo 1 as deficiências hídricas máximas ocorreram nos meses de maio e agosto; no Grupo 2 no mês de fevereiro; no Grupo 3 no mês de julho; e no Grupo 4 no mês de agosto. Os valores de NDVI mínimos variaram entre: 0,3845 e 0,5592 no Grupo 1; 0,3860 e 0,5245 no Grupo 2; 0,4047 e 0,4820 no Grupo 3; e no Grupo 4 o NDVI assumiu valor igual a 0,5127 na estação Ilha Guaíba. No Grupo 1 os valores de NDVI mínimos ocorreram nos meses de setembro e novembro; no Grupo 2 nos meses de setembro e outubro; no Grupo 3 no mês de setembro; e em outubro na estação Ilha Guaíba (Grupo 4). Entre a ocorrência da deficiência hídrica máxima e do NDVI mínimo existe uma defasagem de: 1, 3 e 4 meses no Grupo 1 (Itaperuna, Nova Friburgo e Cordeiro, respectivamente); 7 e 8 meses no Grupo 2 (Campos e Cabo Frio, respectivamente); e 2 meses nos Grupos 3 e 4.

Ainda pela Tabela 1, observa-se que os valores de excedentes hídricos máximos variaram entre: 24,91 e 56,13 mm no Grupo 1; assumiu valor igual a 7,71 mm no Grupo 2 na estação Campos; 77,57 e 77,68 mm no Grupo 3; e 55,65 e 105,60 no Grupo 4. No Grupo 1 os excedentes hídricos máximos ocorreram nos meses de janeiro e março; no Grupo 2 no mês de janeiro na estação Campos; no Grupo 3 no mês de janeiro; e no Grupo 4 no mês de março. Os valores de NDVI máximos variaram entre: 0,6102 e 0,6681 no Grupo 1; assumiu valor igual a 0,5495 no Grupo 2 na estação Campos; 0,5394 e 0,6425 no Grupo 3; e 0,6354 e 0,6654 no Grupo 4. Nos Grupos 1, 2 e 3 os valores de NDVI máximos ocorreram no mês de abril; e no Grupo 4 no mês de maio. Entre a ocorrência da deficiência hídrica máxima e do NDVI mínimo existe uma defasagem de: 3, 3, e 1 mês no Grupo 1 (Itaperuna, Nova Friburgo e Cordeiro, respectivamente); 3 meses no Grupo 2 na estação Campos; 3 meses no Grupo 3; e 2 meses no Grupo 4.

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 são apresentados os gráficos do balanço hídrico versus NDVI para uma estação de cada grupo. Por essas figuras pode-se observar que o comportamento do NDVI indica que os efeitos do excedente e do déficit hídrico no estado da vegetação ocorrem com uma certa defasagem temporal.

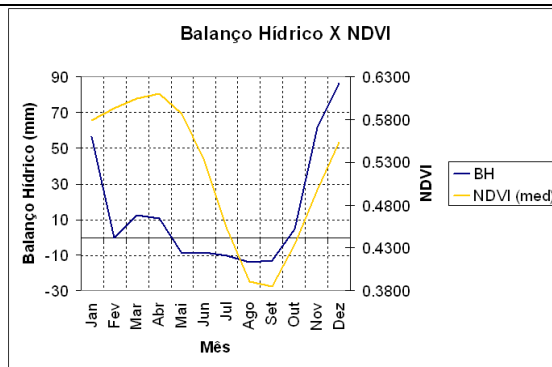


Figura 1 – Balanço hídrico versus NDVI em Itaperuna (Grupo 1).

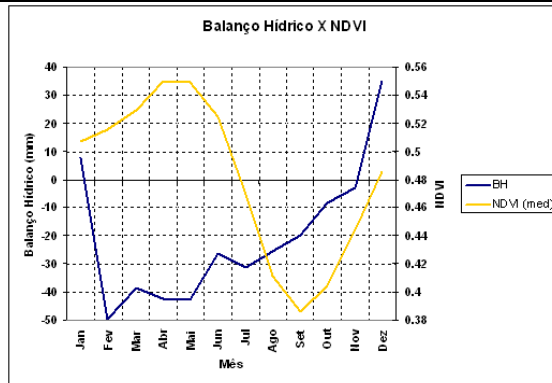


Figura 2 – Balanço hídrico versus NDVI em Campos (Grupo 2).

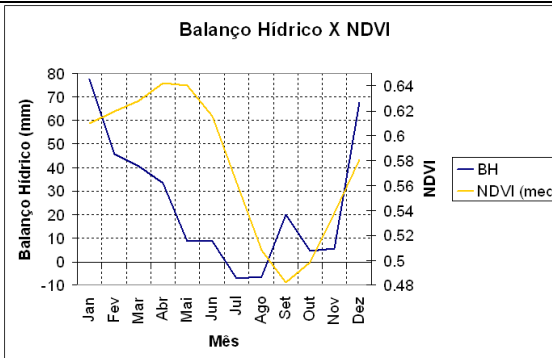


Figura 3 – Balanço hídrico versus NDVI em Pirai (Grupo 3).

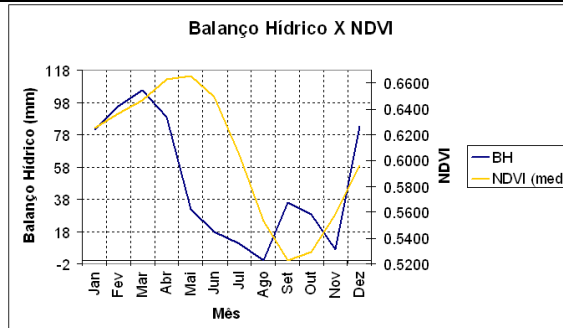


Figura 4 – Balanço hídrico versus NDVI em Angra dos Reis (Grupo 4).

Tabela 1 - Deficiência hídrica máxima, NDVI mínimo, excedente hídrico máximo, NDVI máximo, meses em que os mesmos ocorrem, defasagem em meses entre a ocorrência da deficiência hídrica máxima e do NDVI mínimo do excedente hídrico máximo e do NDVI máximo para as nove estações do INMET consideradas neste estudo.

Grupo 1	DEF_Max (mm)	Mês	NDVI_Min	Mês	Defasagem (meses)	EXC_Max (mm)	Mês	NDVI_Max	Mês	Defasagem (meses)
Itaperuna	-13,98	8	0,3945	9	1	56,13	1	0,6102	4	3
Cordeiro	-13,87	5	0,4779	9	4	42,96	1	0,6468	4	3
Nova Friburgo	-19,42	8	0,5592	11	3	24,91	3	0,6681	4	1
Grupo 2										
Campos	-49,74	2	0,3960	9	7	7,71	1	0,5495	4	3
Cabo Frio	-48,09	2	0,5245	10	8	-	-	-	-	-
Grupo 3										
Pirají	-7,23	7	0,4820	9	2	77,68	1	0,6425	4	3
Ecologia Agrícola	-7,18	7	0,4047	9	2	77,57	1	0,5394	4	3
Grupo 4										
Iha Guaita	-8,29	8	0,5127	10	2	55,65	3	0,6354	5	2
Angra dos Reis	-	-	-	-	-	105,60	3	0,6654	5	2

#### 4. Conclusões

Os resultados indicam:

- 1) a existência de um comportamento muito similar, entre as estações de um mesmo grupo, no que se refere as magnitudes das deficiências hídricas máximas nos Grupos 1, 2 e 3;
- 2) a existência de um comportamento idêntico, entre as estações de um mesmo grupo, no que se refere aos meses de ocorrência das deficiências hídricas máximas nos Grupo 2 e 3 e em duas das três estações do Grupo 1 (Itaperuna e Nova Friburgo);
- 3) os valores de NDVI mínimos não apresentaram valores muito similares entre as estações de um mesmo grupo;
- 4) a existência de um comportamento muito similar no que se refere aos meses de ocorrência dos valores de NDVI mínimos em todos os quatro grupos (entre setembro e novembro);
- 5) a existência de um comportamento muito similar, entre as estações de um mesmo grupo, no que se refere a defasagem em meses entre a ocorrência das deficiências hídricas mínimas e dos NDVI mínimos nos grupos 1 e 2;
- 6) a existência de um comportamento idêntico entre as estações dos Grupos 3 e 4 no que se refere a defasagem em meses entre a ocorrência das deficiências hídricas mínimas e dos NDVI mínimos (2 meses);
- 7) a existência de um comportamento similar entre as estações do Grupo 1 no que se refere as magnitudes dos excedentes hídricos máximos;
- 8) a existência de um comportamento praticamente idênticos entre as estações do Grupo 3 no que se refere as magnitudes dos excedentes hídricos máximos;
- 9) a existência de um comportamento idêntico, entre as estações de um mesmo grupo, no que se refere aos meses de ocorrência dos excedentes hídricos máximos nos grupos 2, 3, 4 e em duas das três estações do Grupo 1 (Itaperuna e Cordeiro);
- 10) a existência de valores similares no que se refere aos valores de NDVI máximos em todos os quatro grupos;
- 11) a existência de um comportamento idêntico entre as estações dos Grupos 1, 2 e 3 no que se refere aos meses de ocorrência dos valores de NDVI máximos (mês de abril);

- 12) a existência de um comportamento idêntico entre as estações dos Grupos 4 no que se refere aos meses de ocorrência dos valores de NDVI máximos (mês de maio);
- 13) a existência de um comportamento idêntico, entre as estações de um mesmo grupo, no que se refere a defasagem em meses entre a ocorrência dos excedentes hídricos máximos e dos valores de NDVI máximos nos Grupos 3, 4 e em duas das três estações do Grupo 1 (mês de março);
- 14) a existência de um comportamento idêntico entre as estações do Grupo 4 no que se refere a defasagem em meses entre a ocorrência dos excedentes hídricos máximos e dos valores de NDVI (mês de fevereiro);
- 15) os resultados indicam a existência de um padrão de defasagem entre a ocorrência das deficiências hídricas mínimas e os valores de NDVI mínimos de 1 a 4 meses no Grupo 1; de 7 a 8 meses no Grupo 2; e de 2 meses nos Grupos 3 e 4;
- 16) os resultados indicam a existência de um padrão de defasagem entre a ocorrência dos excedentes hídricos máximos e os valores de NDVI máximos de 1 a 3 meses no Grupo 1; de 3 meses nos Grupos 2 e 3; e de 2 meses no Grupo 4;
- 17) Os resultados apresentados neste trabalho estão de acordo com os reportados por Paiva et al. (2007) que fizeram o mesmo estudo para três estações do INMET localizadas no Estado do Maranhão. Esses autores observaram que o estado mais exuberante da vegetação, caracterizado por maiores valores de NDVI, ocorre de um a dois meses após o excedente hídrico máximo. O mesmo comportamento foi observado em relação ao estado mais seco da vegetação, caracterizado por menores valores de NDVI, que ocorre de um a dois meses após a época de maior deficiência hídrica;
- 18) Esses estudos demonstram que a resposta da vegetação ao excedente e ao déficit hídrico não é imediata, ocorrendo naturalmente com uma certa defasagem para as regiões estudadas.

Nesse sentido, torna-se importante investigar esses padrões de defasagem temporal para as diferentes regiões climáticas brasileiras e os valores de NDVI que os caracterizam, uma vez que segundo Liu e Kogan (1996) esse comportamento pode mudar de região para região.

#### Referências Bibliográficas

- Brasil. **Normais Climatológicas: 1961-1990**. Departamento Nacional de Meteorologia, Secretaria Nacional de Irrigação, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Brasília, 1992. 84p.
- Gutman, G. G. Vegetation indices from AVHRR: an update and future prospects. **Remote Sensing of Environment**, **35**, 121–136, 1991.
- Gutman, G.G. Towards monitoring droughts from space. **International Journal of Climatology**, **3**, 282-295, 1992.
- Hutchinson, C. F. Use of satellite data for famine early warning in Sub-Saharan Africa. **International Journal of Remote Sensing**, **12**, 1405-1421.
- Kogan, F. N. Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. **International Journal of Remote Sensing**, **11**, 1405-1420, 1991, 1990.
- Kogan, F.N. Applications of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Advance Space Research**, **15**, 91-100, 1995.

Liu, W. T. Monitoring regional drought using Vegetation Condition Index. **International Journal of Remote Sensing**, **17**, 2761-2782, 1996.

Paiva, C.P.; Oliveira, L.M. T.; França, G.B.; Nicacio, R.M. **Análise dos efeitos do déficit hídrico na resposta temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em diferentes condições climáticas do território brasileiro. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 07., 2007, Bonito. Anais...** Bonito: Centro de Convenções de Bonito, 2007. Artigos, p. . CD-ROM.

Stöckli, R. **Modeling and observation of seasonal land – surface heat and water exchanges at local and catchments scales over Europe.** 2004. 155p. Thesis (Doctor in Natural Sciences) - Swiss Federal Institute of Technology, ETH. 2004.

Stöckli, R.; Vidale, P. L. European plant phenology and climate as seen in a 20-year AVHRR land-surface parameter dataset. **International Journal of Remote Sensing**, **25**, 3303-3330, 2004.

Tanre, D.; Holben, B.N.; Kaufman, Y. J. Atmospheric correction algorithm for NOAA-AVHRR products: Theory and applications. **IEEE Trans Geosciences and Remote Sensing**, **30**, 231-248, 1992.

Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955, 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)