

## **Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano**

Elba Pereira Gonzaga<sup>1</sup>  
Valter Vitor dos Santos<sup>1</sup>  
Rosilene Mendonça Nicácio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas – UFAL/IGDEMA  
Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins - 57072-970 - Maceió - AL, Brasil  
{retlav\_tec, elbagonzaga}@hotmail.com; rmonicacio@gmail.com

**Abstract.** The spatial and temporal monitoring of natural resources has been strengthened with the use of remote sensing. This technique has great contribution in many studies, such as agricultural management, hydrological, meteorological modeling and urban management. Many indices have been created as an alternative for evaluating the natural resources and environmental monitoring, for example these indices there are the normalized difference vegetation index (NDVI) and normalized difference water index (NDWI). This study was developed in the Piranhas-AL and aims to evaluate the behavior of NDVI and NDWI into three periods with different rainfall, dry, moderate and rainy. The variations of NDVI and NDWI were expressive and responded to changes of rainfall. This evaluation of NDVI and NDWI revealed a strong correlation between these indices with rainfall. The NDWI showed values below zero in the dry season. As expected, the highest values of NDVI and NDWI were observed in July, considered the rainy season. The native vegetation has strong response to rainfall events. This research showed strong relationship between normalized difference vegetation index and normalized difference water index. This relationship was evaluated with Pearson correlation that showed a strong direct linear relationship and the highest value in rainy season, 0.93, significant at 95% confidence.

**Palavra-chave:** NDVI, NDWI, remote sensing, rainfall, NDVI, NDWI, sensoriamento remoto, chuva.

### **1. Introdução**

No Brasil, o polígono das secas apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade no tempo e no espaço. Nesse cenário, a escassez de água constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população Segundo Nicácio (2008), o ciclo hidrológico é sensível às atuações antropogênicas e tem uma estreita relação com a cobertura vegetal da superfície terrestre. Consequentemente, variações na cobertura do solo podem acarretar modificações nas componentes desse ciclo. As alterações na cobertura do solo podem ser resultado de diversas fontes naturais ou antropogênicas.

Desse modo, o sensoriamento remoto proporciona uma visão sinóptica do terreno e aproveita o contexto espacial para medir os impactos da seca (Gu *et al.*, 2007). O desenvolvimento de sensores orbitais de alta resolução espacial e espectral, bem como, a perspectiva de maior periodicidade na obtenção de imagens tem incentivado a aplicação crescente de técnicas de sensoriamento remoto no estudo de características espectrais da vegetação com relação ao seu potencial de produção. Essa tecnologia vem sendo utilizada e aperfeiçoada há anos pelos países mais desenvolvidos e, mais recentemente, pelo Brasil, sendo alvo de vários estudos (Camilo *et al.*, 2010).

A baixa intensidade e a irregularidade pluviométrica no Sertão alagoano propiciam expressivas modificações no ciclo hidrológico, favorecendo um comprometimento da cobertura vegetal. Em ambientes áridos e semiáridos a situação é bem agravante, pois a escassez de chuvas acarreta na desproteção do solo, erosão superficial, perda de fertilidade, redução da biodiversidade, culminando com a desertificação. Silva *et al.* (2009) afirma que a desertificação gera e acentua a escassez de recursos naturais vitais para a sobrevivência humana, tais como água potável, solo agrícola e vegetação. Segundo Freire *et al.* (2010), o desafio atual consiste em propor instrumentos tecnológicos que possibilitem análises alternativas e adequadas para a melhoria da qualidade de vida e bem-estar socioeconômico da população de uma região. No entanto, a despeito da importância em se monitorar a vegetação em grande escala espacial, este processo é bastante oneroso na perspectiva de tomada de informações *in situ*. Dessa

maneira o sensoriamento remoto tem apresentado formas alternativas para o estudo e monitoramento da vegetação em grandes áreas. Neste contexto destacam-se o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e índice da água da diferença normalizada (NDWI). O primeiro dos índices tem sido amplamente utilizado em diversos estudos e o segundo constitui-se em uma alternativa para verificação das condições de seca.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o índice de vegetação da diferença normalizada e o índice da água da diferença normalizada para períodos com diferentes intensidades pluviométricas, na região de Piranhas, Sertão de Alagoas.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo é constituída pelo município de Piranhas-AL. Este município é banhado pelo rio São Francisco. Sua área é de, aproximadamente, 409km<sup>2</sup>, e está compreendido entre as coordenadas 09°18'30"S a 09°40'30"S de latitude e 37°39'0"W a 37°52'0"W de longitude. A figura 1 mostra a localização da área de estudo desta pesquisa.

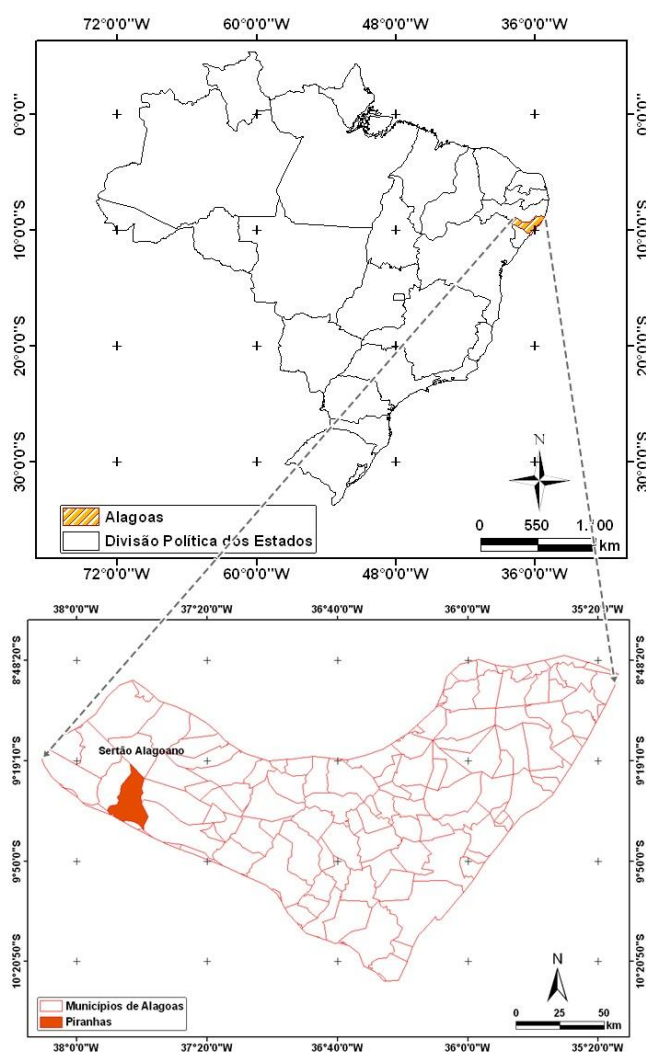


Figura 1. Localização do município de Piranhas-Alagoas.

### 2.2 Dados utilizados

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas as imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*) a bordo do Landsat 5, para os dias 07/12/2006, 19/07/2007 e 23/09/2008, correspondentes ao órbita-

ponto 215/067. Foram escolhidas imagens com os menores percentuais de nebulosidade e que representassem períodos com diferentes intensidades pluviométricas.

Para a identificação dos índices pluviométricos na área estudada foram utilizados dados de chuva obtidos na Agência Nacional de águas (ANA), no endereço eletrônico <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Foram selecionados os dados diários de precipitação dos anos das imagens TM utilizadas nesta pesquisa, a saber: 2006, 2007 e 2008. Em continuação, foram obtidas as médias mensais da precipitação nos três anos avaliados. Com esse procedimento foi possível identificar os meses com baixa, moderada e alta intensidade pluviométrica. A figura 2 mostra a precipitação média mensal entre os anos de 2006 e 2008 na estação pluviométrica Piranhas. O total médio anual da chuva nos três anos considerados foi  $\approx 543\text{mm/mês}$ , sendo a precipitação mínima de  $\approx 0,5\text{mm/mês}$  ocorrida em janeiro. A maior intensidade pluviométrica foi observada em março ( $96,4\text{mm/mês}$ ).

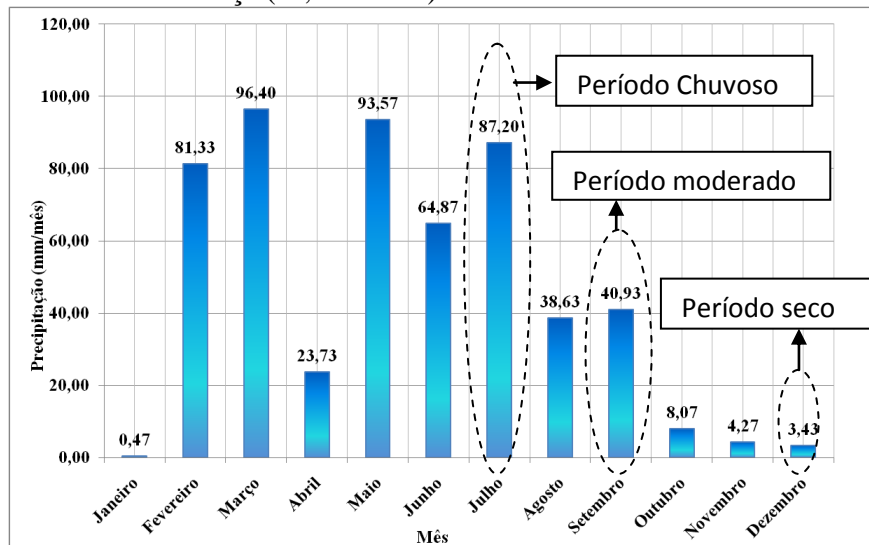


Figura 2. Precipitação média mensal no período de 2006-2008.

Dessa maneira, as imagens ficaram assim definidas: 07/12/2006 - período seco; 19/07/2007 - período chuvoso, 23/09/2008 - período moderado.

Além destes dados foi também utilizado o mosaico *GeoCover 2000*, que são imagens do sensor ETM+, com resolução espacial de 14,5m. Esse mosaico foi obtido através do endereço eletrônico <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. O *GeoCover 2000* foi utilizado para o processo de correção geométrica das imagens TM.

### 2.3 Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizada a correção geométrica das imagens TM de 2006, 2007 e 2008, utilizando-se o mosaico *GeoCover2000* como imagem de referência. Foram tomados 20 pontos de controle distribuídos sobre toda a imagem e considerando pontos que se destacavam na imagem, tais como interseção de ruas e/ou rodovias. O erro médio quadrático total do processo de correção geométrica foi, em média, 0,68 pixels, para as três imagens utilizadas. Em seguida, as imagens foram enquadradas com a finalidade de ressaltar a área de interesse, definindo-se, então, as seguintes coordenadas: canto superior esquerdo:  $9^{\circ}14'59''\text{S}$  e  $38^{\circ}3'20''\text{W}$ ; e canto inferior direito:  $9^{\circ}52'35''\text{S}$  e  $37^{\circ}27'48''\text{W}$ . Em seguida, foi calculado a radiância espectral ( $L_{\lambda}$ ), conforme a equação 1.

$$L_{\lambda(x,y)} = L_{min} + \frac{L_{max} - L_{min}}{255} ND_{\lambda(x,y)} \quad (1)$$

Onde  $L_{\lambda}$  é a radiância espectral em cada pixel ( $\text{W.m}^{-2}.\mu\text{m}^{-1}.\text{sr}^{-1}$ );  $L_{min}$  e  $L_{max}$  são os coeficientes de calibração do sensor ( $\text{W.m}^{-2}.\mu\text{m}^{-1}.\text{sr}^{-1}$ ) e ND é o número digital [ - ].

Depois da obtenção da radiância espectral, foi calculada a reflectância espectral, que pode ser definida como a razão entre radiação solar refletida pela superfície e a incidente, conforme equação 2.

$$\rho_{\lambda(x,y)} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda(x,y)}}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos\theta \cdot dr} \quad (2)$$

Onde :  $\rho_{\lambda}$  é a reflectância da superfície em cada pixel [-];  $L_{\lambda}$  é a radiância espectral em cada pixel ( $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$ );  $ESUN_{\lambda}$  é a irradiância solar exo-atmosférica média para cada banda ( $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$ );  $\theta$  é o ângulo solar zenital.

Após estas etapas foram calculados o NDVI e NDWI. O cálculo do NDVI foi baseado em Rouse *et al.* (1973) e Turcker (1979). Estes autores afirmam que o NDVI é um indicador sensível a vegetação, e é calculado através da reflectância do infravermelho próximo e do visível, que correspondem as bandas 4 e 3 do sensor TM, respectivamente. O NDVI foi calculado conforme a equação 3.

O NDWI foi obtido conforme sugerido por Gao (1996). Segundo este autor, o NDWI mede o teor de umidade na vegetação, e é calculado através da reflectância do infravermelho próximo e infravermelho médio, que correspondem as bandas 4 e 5 do sensor TM (equação 4), respectivamente.

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V} \quad (3)$$

$$NDWI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_{IVM}}{\rho_{IVP} + \rho_{IVM}} \quad (4)$$

Onde:  $\rho_{IVP}$ ,  $\rho_V$  e  $\rho_{IVM}$  referem-se a reflectância no infravermelho próximo, no visível e no infravermelho médio, respectivamente.

### 3. Resultados e discussão

As Figuras 3 e 4 apresentam os valores de NDVI e NDWI, respectivamente, para os períodos com intensidade pluviométrica baixa, moderada e alta, no município de Piranhas-AL. Os três períodos avaliados, apresentaram valores de NDVI e NDWI bastante razoáveis e concordantes com o previsto na literatura. Os valores do índice de vegetação da diferença normalizada no período seco (Figura 3a) esteve, predominantemente, no intervalo de 0 a 0,4, representados nas cores verdes e laranja. Valores de NDVI entre 0,4 a 0,6 foram observados em torno das coordenadas 9°33'16"S e 37°40'26" W. Os valores de NDVI com frequência acima de 5% são observados no intervalo entre 0,17 e 0,24, conforme mostra a Figura 3b. A média do NDVI para o período seco é 0,20, com desvio padrão de 0,11. Já o NDWI no período seco (figura 4a) apresentou valores inferiores a zero, exceto para a região destacada pela circunferência tracejada, que apresentou valores entre 0 e 0,2. O valor médio do NDWI no período seco foi -0,17, com desvio padrão de 0,12. Jackson *et al.* (2003) encontrou valores para o NDWI entre -0,4 a 0,4 em estudos realizados sobre milho e soja

Esses valores do NDVI e do NDWI no período seco são considerados baixos. No entanto, é importante observar que o mês de dezembro, na consideração média da precipitação entre os anos de 2006 e 2008, é o que apresenta o segundo menor índice pluviométrico, cerca de 3,43mm/mês, representando 0,6% do total anual. Dessa maneira, é razoável a obtenção dos valores relativamente baixos tanto de NDVI como do NDWI nessa época. É importante ainda salientar que a vegetação predominante da região é a savana estépica, típica do semiárido.

No período de intensidade pluviométrica moderada, figura 3c, o NDVI apresentou, predominante, valores entre 0,2 e 0,4, representados pela cor verde. No entanto, podem-se observar várias regiões com NDVI entre 0,4 e 0,6. O histograma de frequência relativa do NDVI (figura 3d) indica um ligeiro deslocamento para os valores mais elevados. A média e o desvio padrão do NDVI foram 0,28 e 0,12, respectivamente. Note-se que há um aumento de 40% no valor médio do NDVI. O valor mais frequente do NDVI no período moderado foi 0,21, com frequência relativa superior a 6%. Já o NDWI continuou apresentando, predominantemente, valores inferiores a zero, indicando condição de menor umidade. No entanto, pode-se observar um expressivo aumento da área com valores entre 0 e 0,2.

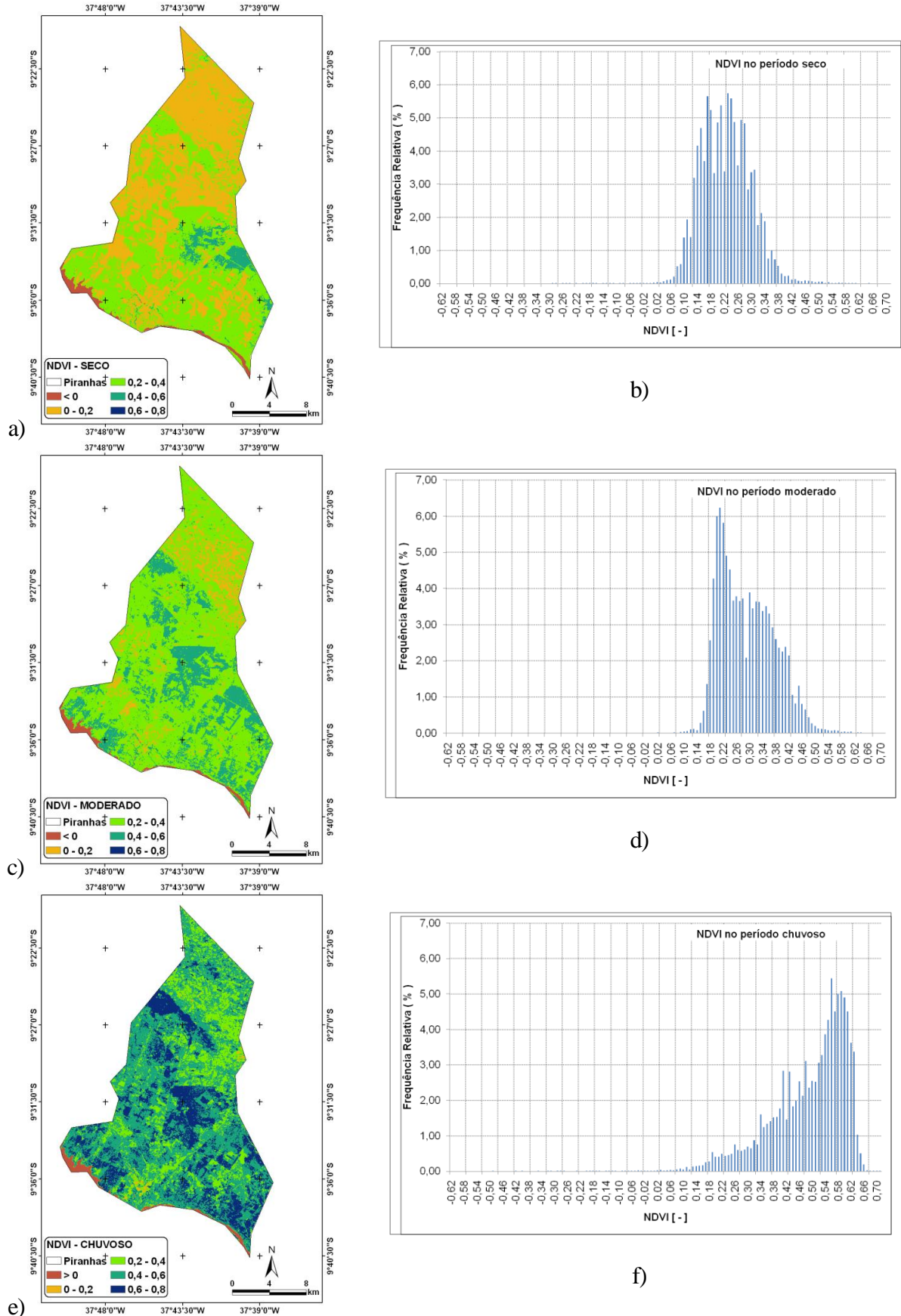


Figura 3. Variação espacial do NDVI e seu histograma de frequência relativa em períodos secos, moderados e chuvosos na região de Piranhas-AL.

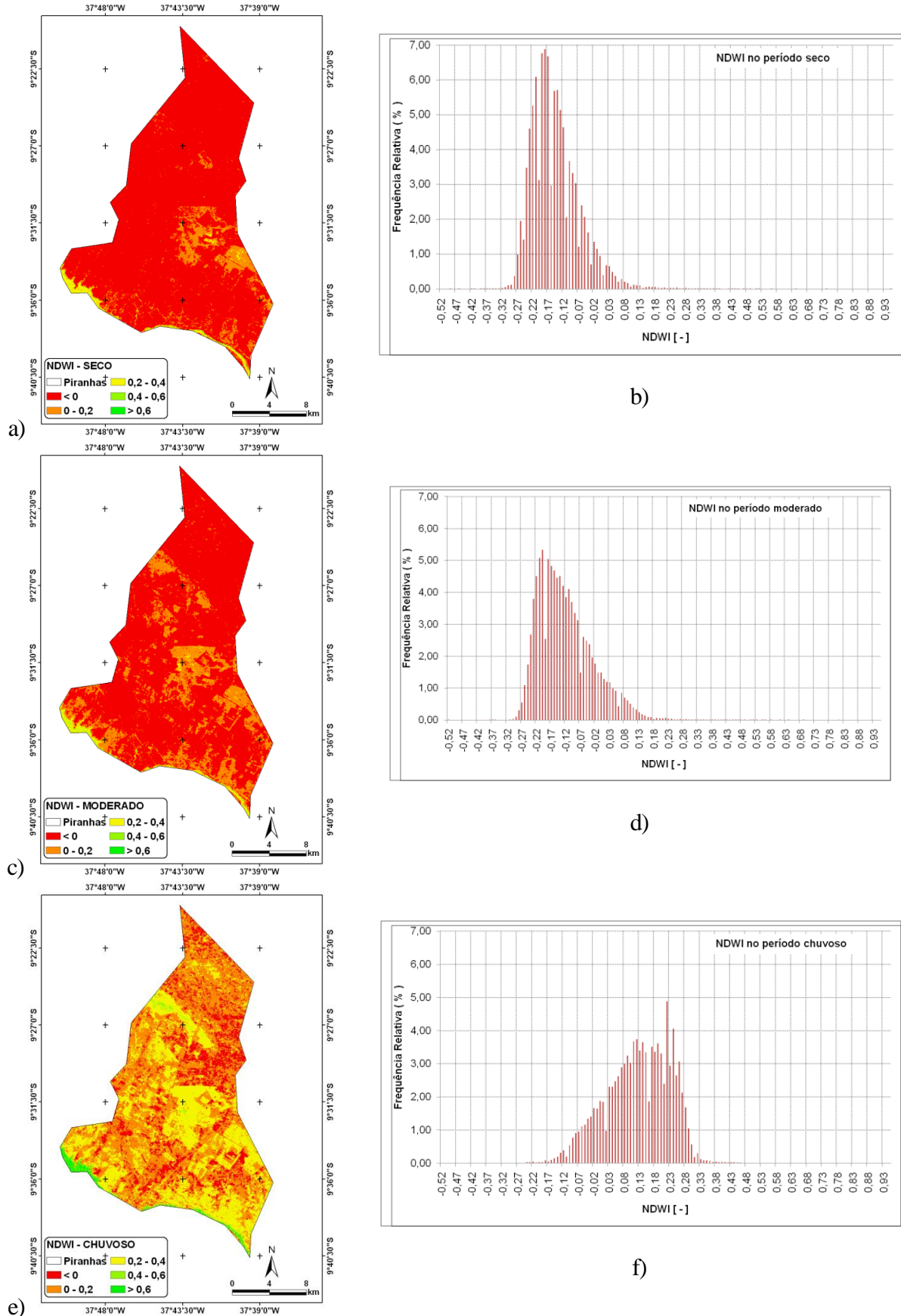


Figura 4. Variação espacial do NDWI e seu histograma de frequência relativa em períodos secos, moderados e chuvosos.

A média do NDWI no período moderado foi de  $-0,12$ , com desvio padrão de  $0,13$ . Ressalta-se que, na consideração média da precipitação entre 2006 e 2008, o mês de setembro apresentou  $40,93$  mm, que corresponde a aproximadamente 8% do total pluviométrico anual.

Os valores máximos de NDVI foram observados no mês considerado chuvoso (figura 3e). A precipitação desse mês foi  $87,2$ mm, que corresponde a  $\approx 16\%$  da chuva média anual. Neste período pode-se verificar um aumento da área com valores de NDVI entre  $0,4$  a  $0,8$ , representados pelos tons azuis. Já o NDWI, apresentado na figura 4e, apresentou valores consistentemente mais elevados, com predominância entre  $0$  e  $0,4$ . Pode-se observar, em relação aos períodos seco e moderado, um deslocamento para valores de NDWI mais elevados no histograma de frequência apresentando no período chuvoso (figura 4e). O valor médio e o desvio padrão do NDWI foram  $-0,07$  e  $0,13$ , respectivamente. Note-se que, o total pluviométrico em janeiro representa cerca de 16% do total pluviométrico anual. Algumas pesquisas, tais com as realizadas por Silva *et al.* (2009), Esping *et al.* (2006), avaliaram o comportamento do NDVI e sua relação com variáveis como a precipitação, e encontraram valores de NDVI entre  $0,7$  a  $0,8$  em região semiárida.

Para uma melhor avaliação da relação existente entre o NDVI e NDWI nos períodos seco, moderado e chuvoso, na região de Piranhas, foram calculadas as correlações de Pearson. Os diagramas de dispersão entre os dois índices para cada período avaliado são mostrados na Figura 5. Pode-se observar em todos os períodos uma relação diretamente proporcional entre o NDVI e NDWI, com coeficientes de correlação de Pearson de  $0,52$ ,  $0,70$  e  $0,93$ , significantes a 95% de confiança, para os períodos seco, moderado e chuvoso, respectivamente, indicando um progressivo aumento da relação entre as variáveis com a elevação dos totais pluviométricos.

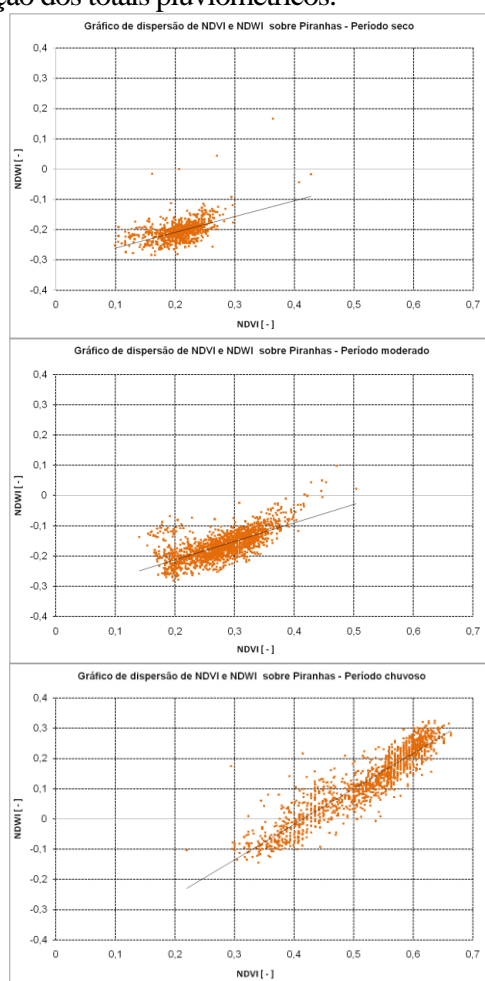


Figura 6. Gráfico de dispersão de NDVI e NDWI sobre Piranhas-AL, nos períodos seco, moderado e chuvoso.

#### 4. Conclusão

As variações do NDVI e NDWI na região de Piranhas-AL foram expressivas e responderam as modificações na intensidade da precipitação pluviométrica. Essa avaliação do NDVI e NDWI no município de Piranhas-AL, revelou a existência de uma forte relação desses índices com a intensidade pluviométrica. Enfatizando o NDWI, que apresentou predominantemente valores inferiores a zero para o período seco. Como esperado, os maiores valores de NDVI e NDWI foram observados no mês de julho, considerado como chuvoso, uma vez que, a vegetação nativa responde fortemente a ocorrência dos eventos pluviométricos. Por outro lado, os valores mínimos desses índices foram observados na imagem que caracteriza o período seco da região. Como o NDVI é um índice sensível ao verdor da vegetação e o NDWI ao teor de água, essas variáveis apresentaram uma forte relação, mostrando a correlação mais acentuada para período chuvoso, com valor de 0,93, significantes a 95% de confiança.

#### 5. Referências Bibliográficas

- Camilo, A. A.; Costa Filho, J. F.; Filgueira de Sá, T. F.; Braga Júnior, J. N. **Resposta espectral da cana-de-açúcar irrigada no Município de Quixeré no Ceará**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, p. 001 - 009 Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010.
- Esping, S. A.; Soares, J. V.; Santos, J. V.; Santos, J.R. **Variações sazonais do EVI e NDVI em áreas do semi-árido brasileiro**. VII Seminário em Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal. V.7,p 219-226, 2006.
- Freire, N. C. F.; Pacheco, A. P. **Mapas como expressão de poder e legitimação sobre o território: uma breve evolução histórica da cartografia como objeto de interesse de distintos grupos sociais**, III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, p.1-09,2010.
- Gao, B. **NDWI- a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space**. Remote Sensing of Environment, 58, 257-266, 1996.
- Gu, Y.; Brown J. F.; Verdin J. P.; Wardlow Brian W. **A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States**. Geophysical Research Letters, Vol. 34, L06407, 10.1029/2006GL029127, 2007.
- Jackson, T.J.; Chen, D.; Cosh, M; Li, F.; Anderson M.; Walthall, C.; Doriaswamy, P.; Hunt, E. R. **Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans**. Remote Sensing of Environment. 92, p. 475-482, 2003.
- Júnior, L.C.S.; Beltrão, B. A.; Mascarenhas, J. C. **Diagnóstico do município de Piranhas**, Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Alagoas, p.1-12, 2005.
- Rouse, J. W., Jr., H. R. Haas, D. W. Deering, J. A. Schell, and J. C. Harlan. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**, NASA/GSFC Type III Final Rep., 371 pp., Greenbelt, Md, 1974.
- Silva, N. P. N.; Moura, G. B. A.; Giongo, P. R.; Silva, A. O. **Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semi-árido de Pernambuco**. Revista Caatinga, Mossoró, v.22, n.4, p.195-205, 2009.
- Tucker, C. J. (1979). **Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation**. Remote Sensing of Environment, 8, 127– 150, 1979.