



## II Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS

“Convivência com o Semiárido: Certezas e Incertezas”

Quixadá - Ceará, Brasil

27 a 29 de maio de 2015

doi: 10.18068/IISBRNS2015.rechid087

ISSN: 2359–2028

### DINÂMICA DOS COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM JUAZEIRO-BA, ANALISADA COM IMAGENS LANDSAT 8

Antônio Heriberto de Castro Teixeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ph.D., Embrapa Monitoramento por Satélite, Fone: (19) 3211-6200, e-mail: heriberto.teixeira@embrapa.br

**RESUMO:** Considerando o cenário de mudança de uso da terra aliada às alterações climáticas no semiárido brasileiro, a evapotranspiração atual (ET), a produção de biomassa (BIO) e a produtividade da água baseada na ET (PA) foram quantificadas no município de Juazeiro-BA sob diferentes condições hidrológicas por meio de imagens Landsat 8 para o ano de 2014. Os valores médios e os desvios padrões dos pixels para ET, BIO e PA nas culturas irrigadas variaram, respectivamente, de  $2,9 \pm 1,2$  a  $3,8 \pm 1,6$  mm dia<sup>-1</sup>;  $107 \pm 64$  a  $124 \pm 75$  kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>; e de  $3,0 \pm 0,7$  a  $3,4 \pm 0,8$  kg m<sup>-3</sup>. As faixas correspondentes para a Caatinga foram de  $0,1 \pm 0,1$  a  $0,9 \pm 0,6$  mm dia<sup>-1</sup>;  $1 \pm 2$  to  $13 \pm 11$  kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e  $0,5 \pm 0,6$  a  $1,4 \pm 0,5$  kg m<sup>-3</sup>. Os valores incrementais da PA, representativos da substituição da vegetação natural por culturas irrigadas foram de 300%, para o ano estudado. Maiores uniformidades para os parâmetros de produtividade da água ocorreram nas espécies da Caatinga, evidenciada pelos menores desvios padrões quando comparados com as culturas agrícolas. A modelagem aplicada podem subsidiar o monitoramento dos agros-ecossistemas, sendo uma ferramenta útil para quantificação dos efeitos das mudanças de uso da terra no manejo dos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evapotranspiração, produção de biomassa, mudança de uso da terra

### DYNAMIC OF THE WATER PRODUCTIVITY COMPONENTS IN JUAZEIRO-BA, ASSESSED WITH LANDSAT 8 IMAGES

**ABSTRACT:** Considering the climate and land-use scenario in the Brazilian semi-arid region, actual evapotranspiration (ET), biomass production (BIO), and water productivity based on ET (WP) were quantified with Landsat 8 images in the Juazeiro-BA municipality under different hydrological conditions of the year 2014. The mean pixel values for ET, BIO, and PA ranged respectively from  $2.9 \pm 1.2$  to  $3.8 \pm 1.6$  mm day<sup>-1</sup>;  $107 \pm 64$  to  $124 \pm 75$  kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>; and from  $3.0 \pm 0.7$  to  $3.4 \pm 0.8$  kg m<sup>-3</sup>. The corresponding ranges for “Caatinga” were  $0.1 \pm 0.1$  to  $0.9 \pm 0.6$  mm day<sup>-1</sup>;  $1 \pm 2$  to  $13 \pm 11$  kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>; and  $0.5 \pm 0.6$  to  $1.4 \pm 0.5$  kg m<sup>-3</sup>. The incremental PA values, representing the consequence of the replacement of natural vegetation by irrigated crops were 300% for the studied year. Higher uniformity for the water productivity parameters happened in “Caatinga” species, evidenced by the values of standard deviation, when compared with those for crops. The modelling applied can subsidize the monitoring of the agro-ecosystems, being a useful tool for quantifying the effects of the land use on the water resources management.

**KEYWORDS:** Evapotranspiration, biomass production, land-use changes

## INTRODUÇÃO

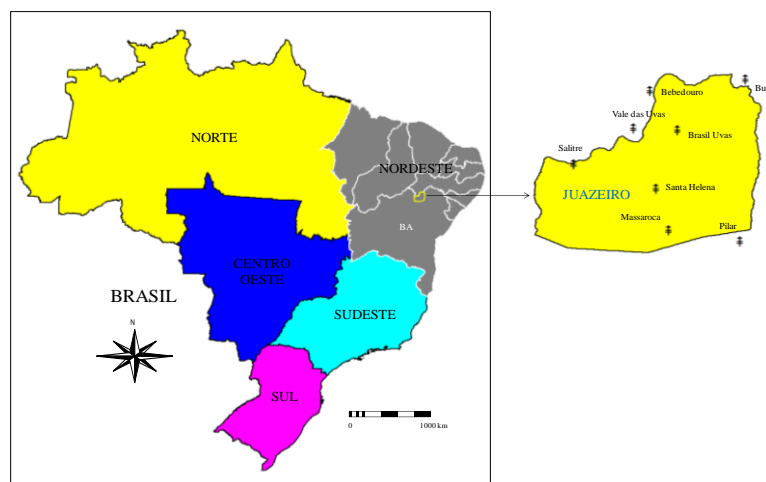
O município de Juazeiro - BA, vem se tornando um importante polo agrícola, como resultado do avanço do desenvolvimento da irrigação nas vizinhanças do Rio São Francisco. Nestas condições, o uso do sensoriamento remoto por imagens de satélites, para a quantificação de variáveis hídricas em larga escala se torna muito relevante.

O sensoriamento remoto exclui a necessidade de quantificação de processos hidrológicos complexos, sendo um excelente meio para a determinação e o mapeamento das estruturas espacial e temporal dos parâmetros da produtividade da água, possibilitando uma boa descrição das variações espaciais em ecossistemas mistos (Teixeira et al., 2014).

O objetivo da pesquisa foi testar a modelagem dos componentes da produtividade da água utilizando imagens Landsat 8 associado a dados climáticos para obter e analisar os componentes da produtividade da água em agrossistemas mistos envolvendo culturas irrigadas e vegetação natural (Caatinga), como subsídio ao manejo racional dos recursos hídricos em situações de mudança de uso da terra.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo o município de Juazeiro-BA, situado na região semiárida do Nordeste brasileiro, e das oito estações agrometeorológicas.



**Figura 1.** Localização do município de Juazeiro-BA, Brasil, e das oito estações agrometeorológicas

Três Imagens do satélite Landsat 8, órbita 217 e pontos 66 e 67, foram usadas para os cálculos dos componentes da produtividade da água nos dias julianos – DJ 025 (25 de janeiro), 153 (02 de junho) e 265 (22 de setembro) no ano de 2014, em conjunto as estações agrometeorológicas da Figura 1. As datas analisadas representam a estação úmida (DJ 25), a transição da estação úmida para seca (DJ 153) e a estação seca (DJ 265).

O modelo SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*; Teixeira et al. 2014) foi usado para modelar os valores instantâneos da razão  $ET/ET_0$ , a qual foi então multiplicada pelos valores interpolados de  $ET_0$  ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) pelo método “*moving average*” (ver Figura 1):

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[ a + b \left( \frac{T_0}{\alpha_0 \text{NDVI}} \right) \right] \quad (1)$$

onde: a e b são os coeficientes de regressão, os quais foram 1,8 e - 0,008, respectivamente, para as condições semiáridas do Brasil (Teixeira et al., 2014).

Para o cálculo do albedo da superfície ( $\alpha_0$ ) foram usadas as bandas de 1 a 7, com resolução espacial de 30 m, enquanto que para a temperatura da superfície ( $T_0$ ) utilizou-se as bandas termais 10 e 11, com resolução espacial de 100 m, seguindo-se a metodologia descrita por Teixeira et al. (2014) para os satélites Landsat 5 e 7 mas considerando-se os comprimentos de onda e constantes de conversão para o Landsat 8.

Para os cálculos da BIO, o modelo da radiação de Monteith foi aplicado no estudo corrente (Teixeira et al., 2009):

$$\text{BIO} = \varepsilon_{\max} E_f \text{APAR} \cdot 0,864 \text{ (kg ha dia}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

onde:  $\varepsilon_{\max}$  é a máxima eficiência de uso da radiação,  $E_f$  é a fração evaporativa, APAR é a radiação fotossinteticamente ativa absorvida e 0,864 é um fator de conversão de unidades.

A produtividade da água (PA) baseada na ET (Teixeira et al., 2009) foi então considerada como:

$$\text{PA} = \frac{\text{BIO}}{\text{ET}} \text{ (kg m}^{-3}\text{)} \quad (3)$$

Para a classificação da vegetação em culturas irrigadas e natural, o modelo SUREAL (Teixeira et al., 2013) foi aplicado na imagem de DJ 265, representativa do período mais seco do ano:

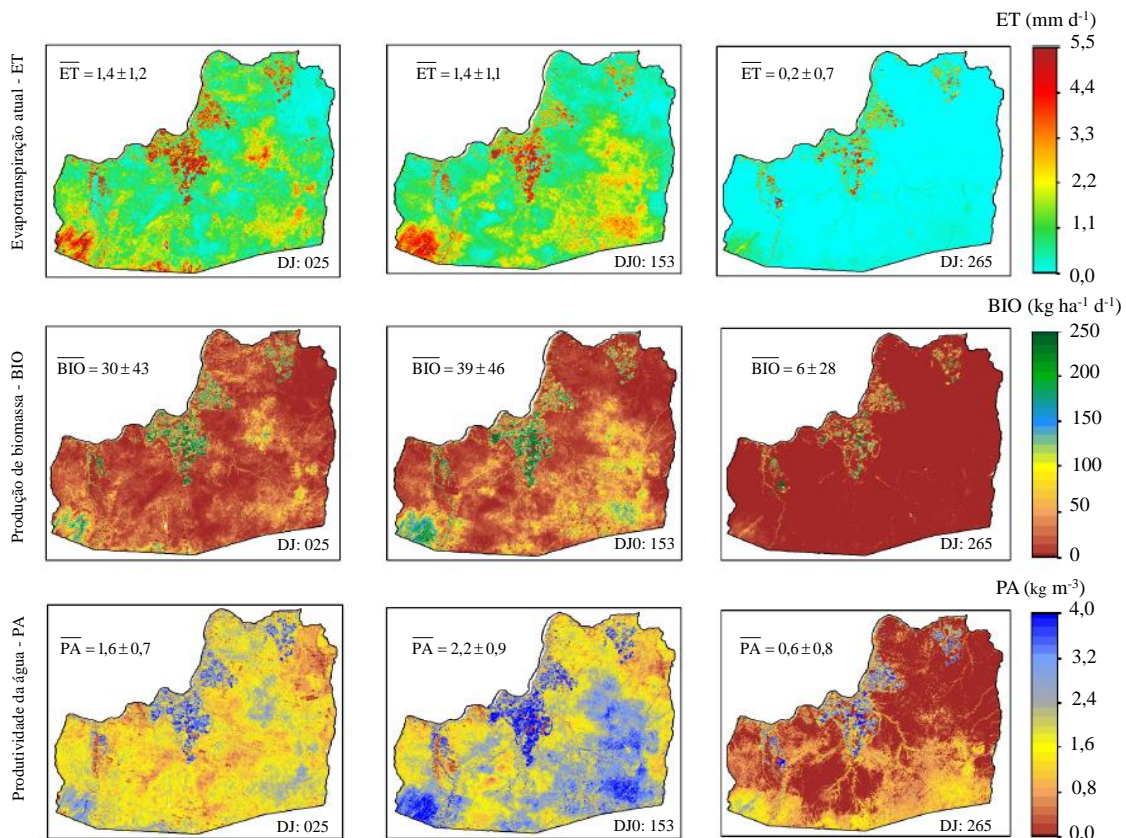
$$r_s = \exp \left[ c \left( \frac{T_0}{\alpha_0} \right) (1 - \text{NDVI}) + d \right] \text{ (s m}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

onde: c e d são coeficientes de regressão, 0,04 e 2,72 respectivamente para as condições semiáridas do Brasil. Valores de  $r_s$  abaixo de  $800 \text{ s m}^{-1}$  e NDVI acima ou igual a 0.4 foram

considerados culturas irrigadas, enquanto que valores de  $r_s$  entre 1000 e 10000  $s\ m^{-1}$  e NDVI abaixo de 0,4 foram considerados vegetação natural (Teixeira et al., 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos valores diários da ET, BIO e PA, no município de Juazeiro-BA.



**Figura 2.** Distribuição espacial e média e desvio padrão dos valores da evapotranspiração atual (ET), produção de biomassa (BIO) e produtividade da água (PA), no município de Juazeiro-BA para os três períodos analisados. DJ é o dia juliano

A variação espacial e temporal da produtividade da água é evidente na Figura 2, principalmente para os períodos de solo mais úmido (DJ 153) e mais seco (DJ 265), nos quais os pixels de maiores valores de ET, BIO e PA representam as culturas agrícolas bem irrigadas. As maiores médias entre os parâmetros avaliados ocorrem após o período chuvoso (imagem de DJ 153), quando as precipitações prévias favoreceram as espécies da Caatinga e as culturas agrícolas estão bem irrigadas. Por outro lado os menores valores ocorreram no período mais seco (DJ 265), devido ao baixo desenvolvimento da Caatinga, que ocupa a maior área do município.

As maiores variações da ET e da BIO, observadas pelo desvio padrão (DP) ocorreram no período mais úmido (DJ 153). Já o menor desvio padrão observado no período mais seco

(DJ 265) entre os parâmetros se deve ao fato das espécies da Caatinga encontrarem-se em estado de dormência, ocupando uma maior área. Os estômatos das plantas em condições naturais se fecham durante o período mais seco limitando a transpiração e a fotossíntese, enquanto que em geral, as irrigações nas culturas agrícolas são uniformes e diárias, proporcionando maior uniformidade nos fluxos hídricos para a atmosfera.

Os valores máximos de PA para as culturas irrigadas quando multiplicados pelo índice de colheita (IH) fornece a produtividade da água das culturas (PAC). Valores de IH foram em torno de 0,60 e 0,80 para parreirais e mangueiras nas condições semiáridas do Brasil com a utilização de imagens Landsat 5 e 7 (Teixeira et al., 2009). Teixeira et al. (2009) observaram maiores valores de ET para os pomares de uva e de manga, enquanto que as taxas evapotranspiratórias da vegetação natural são próximas das quantidades precipitadas. Já a BIO anual variou de 30 a 100 e 50 a 100 t ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, para videiras e mangueiras, respectivamente.

A Tabela 1 apresenta os valores médios e desvios padrões (DP) dos parâmetros de produtividade da água para culturas irrigadas e vegetação natural após classificação com o modelo SUREAL sob as diferentes condições termo hídricas estudadas no município de Juazeiro-BA.

**Tabela 1.** Média diária e desvio padrão dos parâmetros de evapotranspiração atual (ET); produção de biomassa (BIO) e produtividade da água baseada da ET (PA), em culturas e irrigadas e vegetação natural sob diferentes condições termo hídricas no município de Juazeiro-BA

DJ	ET (mm dia <sup>-1</sup> )		BIO (kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )		PA (kg m <sup>-3</sup> )	
	CI	VN	CI	VN	CI	VN
<b>025</b>	3,8 ± 1,6	0,9 ± 0,6	124 ± 75	13 ± 11	3,0 ± 0,7	1,3 ± 0,4
<b>153</b>	2,9 ± 1,2	0,6 ± 0,4	107 ± 64	10 ± 8	3,4 ± 0,8	1,4 ± 0,5
<b>265</b>	3,1 ± 1,4	0,1 ± 0,1	115 ± 77	1 ± 2	3,4 ± 0,7	0,5 ± 0,6
<b>Média</b>	3,3 ± 1,4	0,5 ± 0,4	115 ± 72	8 ± 7	3,3 ± 0,7	1,1 ± 0,5

\*CI – Culturas irrigadas; VN – Vegetação Natural; DJ – Dia Juliano

Considerando ambos ecossistemas, culturas irrigadas e vegetação natural, os maiores valores da ET e da BIO ocorreram no período chuvoso (imagem de DJ 025), enquanto para a PA a imagem DJ 153 apresentou os maiores valores, representando as condições logo após o período chuvoso, quando o solo estava com elevado valor de umidade. Os valores mais elevados de PA no último período na Caatinga são promovidos pelos valores mais baixos da

ET, já que não ocorreram diferenças significativas da BIO entre as imagens de DJ 025 e 153 neste ecossistema.

Analisando o desvio padrão, o período de maior variação espacial da ET e da BIO foi no período chuvoso (DJ 025) caracterizado por diferentes condições de umidade do solo em vegetação natural e fases fenológicas distintas em culturas irrigada. A maior uniformidade na produtividade da água ocorreu na vegetação natural, observada pelos valores menores de DP quando comparados aos das culturas irrigadas.

## CONCLUSÕES

O uso conjunto de imagens Landsat 8 e estações agrometeorológicas permitiram a quantificação em larga escala dos parâmetros da produtividade da água em diferentes condições termo hídricas para o ano de 2014, considerando-se a mistura de agroecossistemas no município de Juazeiro-BA. As análises podem subsidiar um melhor entendimento da dinâmica destes parâmetros, considerando-se o uso da terra no semiárido brasileiro. Pode-se concluir que o período chuvoso destaca-se como o de maior evapotranspiração e produção de biomassa, porém os maiores valores da produtividade da água baseada na evapotranspiração ocorrem logo após as chuvas.

Foi demonstrado que a produtividade da água pode ser analisada a partir de medições instantâneas das radiações de ondas curtas e longas do Landsat 8, através da modelagem da razão da evapotranspiração atual para a de referência no momento da passagem do satélite, tendo-se disponível dados climáticos diários. A combinação de imagens de satélites com dados agrometeorológicos apresenta-se como importante ferramenta para o monitoramento das condições da vegetação, contribuindo para o monitoramento do ambiente para servir de base para projetos/programa de uso da terra.

## REFERÊNCIAS

TEIXEIRA, A.H. de C., BASTIAANSSEN, W.G.M., AHMAD, M-ud-D, BOS, M.G. 2009. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part B: Application to the large scale. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, p. 477-490.

TEIXEIRA, A.H. de C.; HERNANDEZ, F.B.T.; LOPES, H.L.; SCHERER-WARREN, M.; BASSOI, L.H. **A Comparative Study of Techniques for Modeling the Spatiotemporal Distribution of Heat and Moisture Fluxes in Different Agroecosystems in Brazil**. In: PETROPOULOS, G. (Org.). *Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content*. 1ed. Boca Raton, Florida: CRC Group, Taylor and Francis, 2014, p. 169-191.