

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Brasil

Silva, Ana P. N. da; Lima, Francisco J. L. de; Silva, Alexsandro O. da; Moura, Geber B. de A.  
Valores efetivos de precipitação pluvial para manejo da irrigação na cana-de-açúcar em Goiana,  
Pernambuco

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 5, núm. 4, outubro-diciembre, 2010, pp. 585-591  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119016964020>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.4, p.585-591, out.-dez., 2010

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI: 10.5239/agraria.v5i4.980

Protocolo 980 – 09/06/2010 \*Aprovado em 16/09/2010

Ana P. N. da Silva<sup>1</sup>

Francisco J. L. de Lima<sup>1</sup>

Alexsandro O. da Silva<sup>2</sup>

Geber B. de A. Moura<sup>2</sup>

# Valores efetivos de precipitação pluvial para manejo da irrigação na cana-de-açúcar em Goiana, Pernambuco

## RESUMO

Neste trabalho objetivou-se estimar a precipitação efetiva decendial para o Município de Goiana (Zona da Mata Norte), Pernambuco, que possui grande representatividade na agroindústria sucroalcooleira do Estado, visando dar auxílio ao manejo de irrigação e na condução do uso racional da água. Foram utilizados dados de precipitação abrangendo uma escala temporal de janeiro de 1981 a dezembro de 2009. As lâminas diárias foram agrupadas em decêndios e, desta forma, a precipitação foi ajustada à função de densidade de probabilidade Gama, de modo que a precipitação provável fosse obtida a partir dos níveis de 75 e 90% de probabilidade. A precipitação efetiva foi estimada pelas metodologias da FAO, USDA e Porcentagem Fixa (PF), através do uso do programa aplicativo CROPWAT. Observou-se que a precipitação efetiva é afetada pela sazonalidade do regime pluviométrico na região em que o município está situado. Em anos de El-Niño deve-se usar o método proposto pelo USDA ou PF de 80%; em anos de águas quentes no Atlântico Tropical Sul a metodologia mais apropriada é a PF de 20%, enquanto o método proposto pela FAO ou PF de 50% é mais indicado para anos regulares.

**Palavras-chave:** CROPWAT, distribuição gama, hidrologia

## Effective values of rainfall for irrigation management of sugarcane in Goiana, Pernambuco, Brazil

## ABSTRACT

The objective of this work was to estimate the decendium effective rainfall to Goiana City (North Forest Zone), Pernambuco, Brazil, which has a great representation in the sugarcane industry of the State, aiming at helping the irrigation management and the rational use of water. The rainfall database used had a temporal scale from January 1981 to December 2009. The daily rainfall was grouped in a 10 days period and was adjusted to the Gamma probability density function so the probable rainfall could be obtained from 75 and 90% levels of probability. The effective rainfall was estimated by the methodologies of FAO, USDA and Fixed Percentage (PF), through the CROPWAT software. It was observed that the effective rainfall is affected by the seasonality of the rainfall regime in the region where the city is placed. In El-Niño years the USDA and 80% PF methods were considered the best, in years of hot waters in the south Tropical Atlantic the most appropriate methodology is the 20% FP, whilst the method proposed by FAO or 50% PF is more indicated for regular years.

**Key words:** CROPWAT, gama distribution, hydrology

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Avenida Aprígio Veloso, 882, Universitário, CEP 58429-140, Campina Grande-PB, Brasil. E-mail: apns@ymail.com; thescolopes@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. Fone: (81) 3320-6246. Fax: (81) 3320-6244. E-mail: alexsandro\_oliveira01@hotmail.com; geber@depa.ufrpe.br

## INTRODUÇÃO

A Zona da Mata do Estado de Pernambuco é o pólo de concentração da agroindústria sucroalcooleira, que compreende uma área de 1.015,03 mil hectares, dos quais apenas 840 mil apresentam aptidão climática para a exploração da cana-de-açúcar (Moura et. al., 2007). O município de Goiana situa-se ao norte desta região.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2010) estima-se que a cultura de cana-de-açúcar ocupa no Brasil aproximadamente 8,1 milhões de hectares, com produção em torno de 664 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra 2010/2011, apresentando uma alta de 9,90% diante das 604,5 milhões de toneladas moídas na safra anterior. Em Pernambuco a safra 2010/2011 responderá por 334,3 mil hectares, com produtividade média de 56.250 kg ha<sup>-1</sup>, apresentando um aumento de 1,5% em relação à safra 2009/2010.

Segundo Silva (2002), a irrigação, usada como prática suplementar, cada vez mais é utilizada pelos produtores após a redução na produção de cana-de-açúcar, decorrente das baixas precipitações no NEB nos últimos anos.

A principal utilização da água ocorre na irrigação, sendo essa responsável por cerca de 70% do total consumido no mundo (Unesco, 2003) e por 64,7% do consumo de água no Brasil (Tucci et al., 2001). Este fato revela a necessidade da otimização no manejo da água para fins agrícolas de modo a evitar conflitos na gestão dos recursos hídricos, principalmente no atual contexto de mudanças climáticas, onde a oferta e demanda de recursos hídricos tende a ser conflitante. Gondim et al. (2008) simulando a oferta de recursos hídricos para fins de irrigação na Bacia do Rio Jaguaribe (CE), verificaram que as mudanças climáticas projetadas (aumento de 3,1 a 2,2% na evapotranspiração média e diminuição de 30,9 a 37,3% na precipitação pluvial média) aumentarão a demanda de água para irrigação, tendo para o ano de 2040 a necessidade hídrica estimada em 32,9 a 43,9% em relação à média.

No Brasil a grande maioria dos projetos de irrigação é dimensionada para atender toda a necessidade hídrica da cultura, ou seja, não se leva em conta a precipitação efetiva no período da irrigação, que pode levar ao superdimensionamento de sistemas que além de encarecer a obra, causa desperdício dos recursos hídricos já tão escassos. Esta prática, justificável em regiões áridas e semi-áridas, é inviável em regiões onde a irrigação é usada apenas em caráter complementar como a região litorânea do Nordeste do Brasil (NEB). O manejo adequado da irrigação deve ser realizado de forma a maximizar o uso da água da precipitação natural, minimizando a irrigação suplementar, tendo como benefícios a economia de energia na captação e a condução de água de irrigação, uso de estruturas e equipamento de menor custo e ainda redução nas perdas de solo e nutrientes (Back et al., 1998).

Segundo Sampaio et al. (2000) a determinação da precipitação efetiva é bastante importante para a irrigação, visto que esta parcela da precipitação é a porção da precipitação que contribui com a água disponível do solo e,

assim, sua quantificação torna-se útil no manejo da irrigação. Desta forma, o conhecimento da precipitação efetiva visa auxiliar na gestão de recursos hídricos, através de um manejo correto e econômico dos sistemas de irrigação.

Barbosa et al. (2005), visando dar suporte aos irrigantes do Rio Jaguaribe (CE), fizeram uso da precipitação efetiva mensal e, através de sua espacialização, concluíram que é aconselhável que nas análises de pedidos de outorga para irrigação as variações espaciais e temporais do balanço hídrico, determinadas pela precipitação efetiva, sejam consideradas devido à aleatoriedade das condições climáticas entre diferentes localidades. Os autores mostram ainda a necessidade de que a precipitação efetiva seja estimada a partir de uma série temporal de dados condizente com a realidade local e de preferência, que o posto pluviométrico esteja fisicamente inserido nos limites da área a ser irrigada.

De acordo com Sampaio et al. (2007), por serem aleatórios, fica difícil a previsão da evolução dos processos hidrológicos ao longo do tempo e do espaço, gerando dificuldades básicas no planejamento de atividades agrícolas. Essas dificuldades podem ser amenizadas por meio de modelos probabilísticos para ajustar séries históricas de precipitação, justificando o uso de modelos para o cálculo de precipitação esperada associada a um determinado nível de probabilidade.

No programa CROPWAT, desenvolvido por Smith (1992) o cálculo das necessidades de irrigação é efetuado pela diferença entre a evapotranspiração máxima da cultura e a precipitação efetiva, com base em dados mensais, utilizando alguns métodos empíricos na determinação da precipitação efetiva. Bernardo (1989) sugere que o ideal para países tropicais é totalizar os dados em períodos inferiores ao mensal.

Apresenta-se neste trabalho uma estimativa da precipitação decendial no Município de Goiana (Zona da Mata Norte) do Estado de Pernambuco, visando dar auxílio ao manejo de irrigação, na condução do uso racional da água.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados de precipitação diária do período de janeiro de 1981 a dezembro de 2009 da estação meteorológica localizada no Município de Goiana sob coordenadas 7°34'S, 35°00'W, 14 m, monitorada pelo Laboratório de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (LAMEPE).

No Município de Goiana, o período de abril a julho, considerado a quadra mais chuvosa, concentra cerca de 60% do total pluviométrico anual (2.017,7 mm). O tipo climático, segundo Thornthwaite (1948), é úmido megatérmico (B2s2A'a') com pouca ou nenhuma deficiência hídrica. As temperaturas máximas mais elevadas ocorrem no período de dezembro a março, com valores superiores a 30° C. As temperaturas médias mensais oscilam entre 23,6 e 25,6°C e as mínimas entre 19,1 e 21,2°C.

As lâminas diárias foram totalizadas em período de 10 dias. Posteriormente, a precipitação decendial foi ajustada à função de probabilidade Gama e a precipitação provável ( $P_p$ ) foi

obtida a partir dos níveis de 75 e 90% de probabilidade. O nível de 75% foi escolhido, levando em consideração a análise econômica da região. Esta porcentagem também é sugerida por Bernardo (1989) e Chow (1964) para estudos com fins agrícolas. Sabendo-se que os níveis de probabilidade devem ser adotados com base em critérios econômicos e sustentáveis para a realidade do local, deve-se levar em conta o valor da cultura, a disponibilidade de recursos hídricos e os custos emanados da irrigação.

A função densidade de probabilidade é definida como (Assis et al., 1996):

$$f(x, \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} & x \geq 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

As estimativas dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  foram efetuadas pelo método da máxima verossimilhança, por intermédio das seguintes expressões (Assis et al., 1996):

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (3)$$

Sendo:

$$A = \ln \bar{X} - X_g \quad (4)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (5)$$

$$X_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i) \quad (6)$$

em que:  $\bar{X}$  é a média aritmética da amostra,  $X_g$  é a média geométrica da amostra e,  $N$  é o número de anos observados.

O ajuste da distribuição foi avaliado pelo teste de aderência Qui-quadrado com 5% de significância.

A partir da precipitação provável, realizou-se a estimativa da precipitação efetiva ( $P_{\text{eff}}$ ) para o Município de Goiana

(PE) através de 2 métodos (fórmula empírica (AGLW/FAO) e do Soil Conservation Service Method – USDA) fazendo-se uso do programa aplicativo CROPWAT, desenvolvido pela FAO (Smith, 1992).

O método da AGLW/FAO foi desenvolvido para climas árido e subúmido, sendo a precipitação efetiva calculada pela Equação 7.

$$\begin{aligned} P_{\text{eff}} &= 0,6P_p - \frac{10}{3} \Rightarrow P_p \leq \frac{70\text{mm}}{3} \\ P_{\text{eff}} &= 0,8P_p - \frac{24}{3} \Rightarrow P_p > \frac{70\text{mm}}{3} \end{aligned} \quad (7)$$

O valor “3” nos denominadores representa o ajuste para o período decendial.

O método USDA foi desenvolvido por meio de balanços hídricos relacionando-se à entrada da precipitação com as saídas, por escoamento superficial e percolação, bem como a água retida na zona radicular, para várias culturas. A precipitação efetiva foi obtida pela Equação 8.

$$\begin{aligned} P_{\text{eff}} &= \frac{P_p (125 - 0,2 \times 3 \times P_p)}{125} \Rightarrow P_p \leq \frac{250\text{mm}}{3} \\ P_{\text{eff}} &= \frac{125}{3} + 0,1P_p \Rightarrow P_p > \frac{250\text{mm}}{3} \end{aligned} \quad (8)$$

O método da percentagem fixa é definido como a precipitação efetiva com uma probabilidade de excedência respectiva à percentagem aplicada; assim, 20% (PF20) de probabilidade de excedência representam um ano considerado “úmido”; 50% (PF50) se referem a um ano “normal”, aproximando-se de uma média; já 80% (PF80) representam um ano “seco”, o que equivale a se dizer, então, que quanto mais úmido o ano, menor a porcentagem da chuva que fica retida no solo disponível às plantas. (Sampaio et al, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 mostra-se a precipitação média decendial observada no Município de Goiana. O 2º decêndio de junho (JUN2) é o que apresenta a maior precipitação com valor médio de 118,8 mm, já o decêndio mais seco é o 1º do mês de dezembro (DEZ1), com precipitação média de 11,8 mm. Desta forma, do ponto de vista agrícola, destacam-se duas estações: a chuvosa, com precipitação superior à média (56,1 mm decêndio<sup>-1</sup>), do 2º decêndio de março (MAR2) ao 3º decêndio de agosto (AGO3), com precipitação total média no período de 1.508,1 mm; e, um período seco, que abrange os demais períodos do ano com precipitação total média de 511,1 mm.

Através da análise da precipitação média decendial, percebe-se que o período MAR3 apresenta valor superior aos decêndios que o precede e lhe sucede. Este valor observado deve estar relacionado à irregularidade inerente ao início do período chuvoso, que é fortemente influenciado pela posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), associada aos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL). Para o segundo decêndio de maio, os baixos valores observados estão relacionados a um período de seca devido à ausência dos Distúrbios Ondulatórios de Leste. A partir do terceiro decêndio esses sistemas atmosféricos acoplam ao sistema de brisas e elevam as lâminas de chuva até o decêndio JUL3, onde os DOL passam a ficar menos perceptíveis.

A ZCIT é o principal sistema de produção de chuvas no NEB, atuando principalmente nos meses de março e abril. Rao & Marques (1984) mostraram que a variação de direção no fluxo de umidade sobre o NEB, associada à convergência em baixos níveis, é importante para a qualidade do período chuvoso no NEB. Eles sugerem que o mecanismo produtor de precipitação está conectado com a ZCIT. Uvo & Nobre

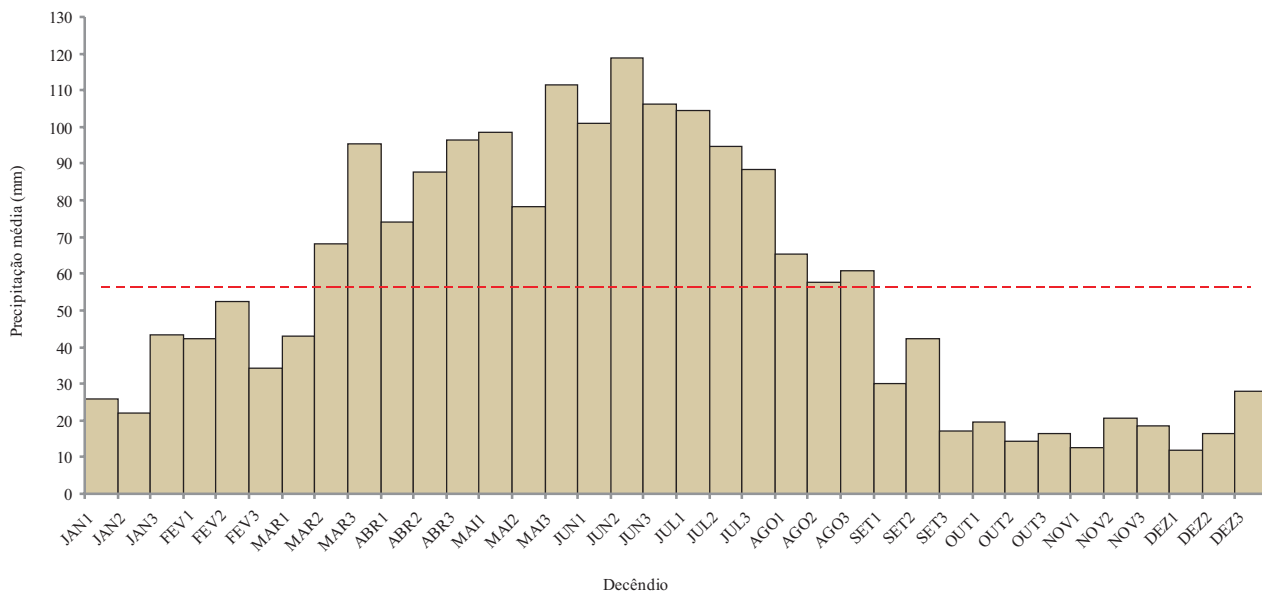


Figura 1. Distribuição temporal da precipitação decendial em Goiana (PE)

Figure 1. Temporal variability of the decendium rainfall in Goiana, Pernambuco, Brazil

(1989) mostraram que a ZCIT, permanecendo próxima de suas posições mais ao sul (Hemisfério Sul), define a qualidade da estação chuvosa no NEB.

Os DOL ou Ondas de Leste são perturbações de pequena amplitude observadas nos campos de vento e pressão à superfície, atuantes no leste do Nordeste (Yamazaki & Rao, 1977; Chan, 1990), desde o Rio Grande do Norte até a Bahia, no período de maio a agosto. Apesar da sua pequena amplitude, as ondas de leste podem produzir chuvas intensas particularmente em áreas costeiras (Moura, 2001).

As brisas são observadas no Litoral e Zona da Mata do NEB durante todo ano. Entretanto, são observadas com maiores definições nos meses de outono e inverno, principalmente, quando da atuação de sistemas meteorológicos que ocorrem nesta época do ano. Em geral, produz chuvas de intensidade fraca a moderada (Moura, 2001).

Observa-se na Figura 2A os dados decendiais ajustados à distribuição Gama, demonstrando graficamente a qualidade do ajuste entre os dados observados e a distribuição teórica. Verifica-se que o ajuste é maior aos dados de menores valores, ou seja, os de maiores probabilidades, sendo assim bem adequada para a estimativa da precipitação efetiva também nos decêndios de menor precipitação (Figuras 2B e 2C).

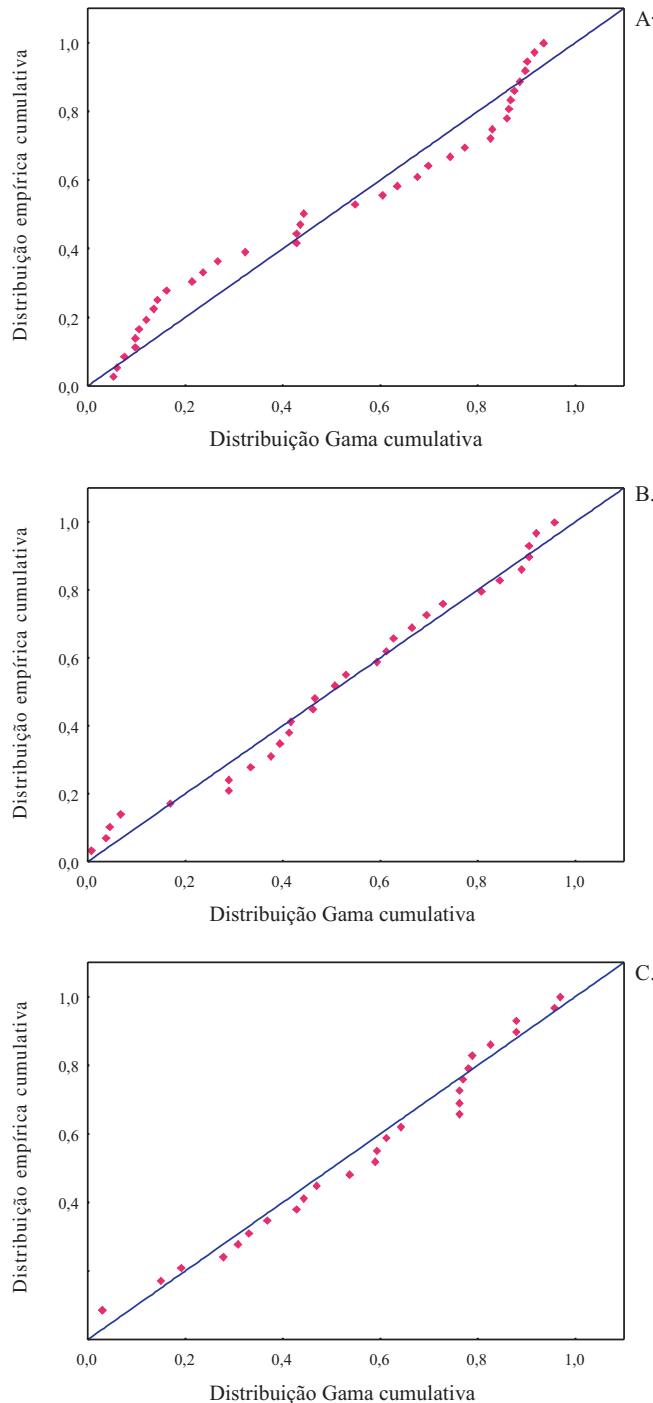
Na Figura 3 encontra-se a precipitação provável para cada decêndio de acordo com a função de probabilidade Gama aos níveis de 90 e 75%. Percebe-se que o 2º decêndio do mês de maio é o que, dentro do período chuvoso, apresenta a menor precipitação provável, variando entre 6,2 e 19,3 mm. A  $P_p$

apresenta valores próximos a zero nos decêndios compreendidos no período seco. Já no período considerado

chuvoso, a precipitação provável pode chegar a 61,0 mm para um ajuste a 75% e 39,3 mm para o ajuste a 90%. Resultados satisfatórios com o uso da distribuição Gama com períodos decendiais também foram obtidos por Virgens Filho et al. (2000), Catalunha et al. (2002) e Moreira et. al. (2003).

Na Figura 4 encontra-se a precipitação efetiva para os dois níveis de probabilidade estudados, assim pode-se evidenciar que a precipitação efetiva foi inferior à precipitação real, posto que a precipitação efetiva se refere apenas à parte da precipitação utilizada para atender à demanda evaporativa das culturas. Percebe-se que à medida que a precipitação provável aumenta, a precipitação efetiva tende a aumentar para todos os métodos analisados. Este fato foi verificado no período chuvoso em que a precipitação efetiva é de aproximadamente 35 mm para a maioria dos decêndios ao nível de 75% de probabilidade, enquanto que nos decêndios secos a precipitação efetiva chega a apresentar valores próximos à zero. Para o nível de 90% de probabilidade, condição adotada para culturas de maior sensibilidade ao estresse hídrico ou em culturas onde o valor econômico agregado é maior, a precipitação efetiva chega ao valor máximo de aproximadamente 32 mm no 1º decêndio de julho, sendo inferior a 25 mm nos demais decêndios do período chuvoso e nula nos decêndios mais secos, revelando a necessidade de irrigação para suplementar a necessidade hídrica das culturas.

Uma análise dos métodos utilizados permite verificar que para ambos os níveis analisados a precipitação efetiva estimada pelo método PF80 e pelo USDA possuem valores bastante semelhantes, enquanto que a precipitação efetiva estimada pelo método da FAO aproxima-se da estimada pelo método PF50. O método da porcentagem fixa a 20% (PF20) é



**Figura 2.** Ajuste da distribuição Gama aos decêndios pluviométricos para o município de Goiana (PE) (A), para JUN03 (B), para DEZ01 (C)

**Figure 2.** Adjust of the Gama distribution to the decennial rainfall to Goiana, Pernambuco, Brazil (A), to JUN03 (B), to DEZ01 (C)

A. o que apresenta menor precipitação efetiva, pois representa anos de pouca chuva no município.

De acordo com Moura et al. (2009), os sistemas meteorológicos de grande escala que mais afetam o regime de precipitação na porção leste do Nordeste, onde está situado o município de Goiana, é um padrão de gradiente no Oceano Atlântico, em que águas mais quentes no Atlântico Tropical Sul provocam um período chuvoso com altura pluviométrica acima da média, enquanto anomalias positivas de temperatura da superfície do mar no Pacífico inibem a chuva no Leste do NEB.

Logo, baseado nos resultados aqui encontrados, tem-se que, para o período chuvoso em anos de El-Niño, deve-se esperar precipitação efetiva em torno de 25 mm para o nível de 90% e de 35 mm ao nível de 75%, visto que, para anos secos, utilizar a estimativa obtida por PF80 torna-se mais adequado, enquanto que, para anos de anomalias positivas no Atlântico Tropical Sul, usa-se a precipitação efetiva estimada pelo PF20 e para anos regulares, quando não há predominância de nenhum sistema atmosférica de grande escala, pode-se fazer-se uso do método da FAO ou PF50.

A precipitação efetiva total anual para Goiana é de 393,20 (160,60 mm), 575,20 (314,50 mm), 571,30 (285,9 mm), 357,00 (178,80 mm) e 143,10 (71,10 mm), obtida pelos métodos FAO, USDA, PF80, PF50 e PF20, respectivamente, na probabilidade de 75% (90%).

De acordo com Bernardo (2006) o consumo diário de água da cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do Brasil, em geral, varia entre 2,0 e 6,0 mm d<sup>-1</sup>, sendo os dois primeiros estágios (3 a 4 meses) os mais críticos em relação ao déficit hídrico. Deste modo a cultura da cana-de-açúcar requer, em média, uma lâmina de 180 mm mês<sup>-1</sup> e, observando a chuva efetiva obtida pelos métodos, verifica-se que o período mais indicado para o cultivo da cana-de-açúcar no Município de Goiana é no 3º decêndio de março, período em que haverá menor necessidade de irrigação suplementar durante os estágios mais críticos da cultura. Entretanto, verifica-se que apesar de o Município de Goiana estar situado numa região onde a presença de chuva não é escassa, há a necessidade de irrigação durante todo o ciclo da cultura da cana-de-açúcar.

Deve-se ressaltar que este trabalho levou em consideração apenas a aptidão meteorológica do município de Goiana para o cultivo da cana-de-açúcar, devendo-se, deste modo, realizar-se uma complementação do trabalho considerando-se características inerentes ao solo da região e às espécies cultivadas nas usinas situadas no município de Goiana. Ressalta-se que a maioria dos cultivos anuais ou bianuais é sensível à variação da umidade do solo, de forma diferenciada por espécie, e em cada espécie, ao longo das fases ou estágios do seu ciclo vegetativo, existindo fases mais sensíveis ao déficit de umidade do solo (Bernardo, 2006).



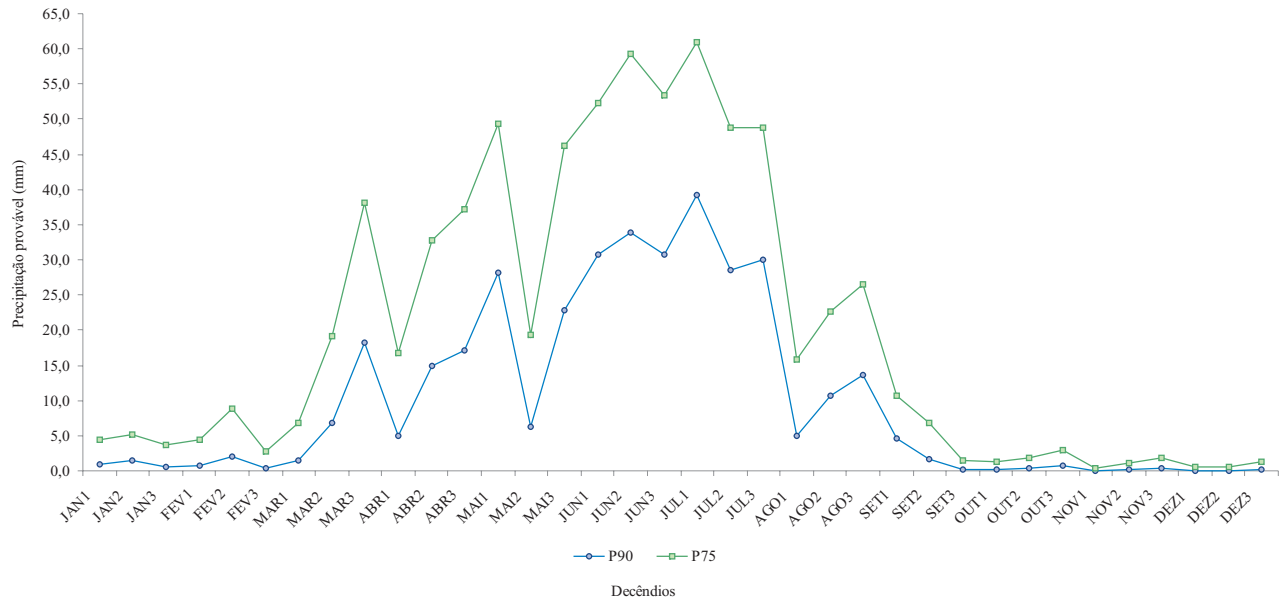


Figura 3. Precipitação provável em nível de 75 e 90% pela fdp Gama para o município de Goiana (PE)

Figure 3. Probable rainfall at 75 and 90% levels of Gama distribution by fdp to Goiana, Pernambuco, Brazil

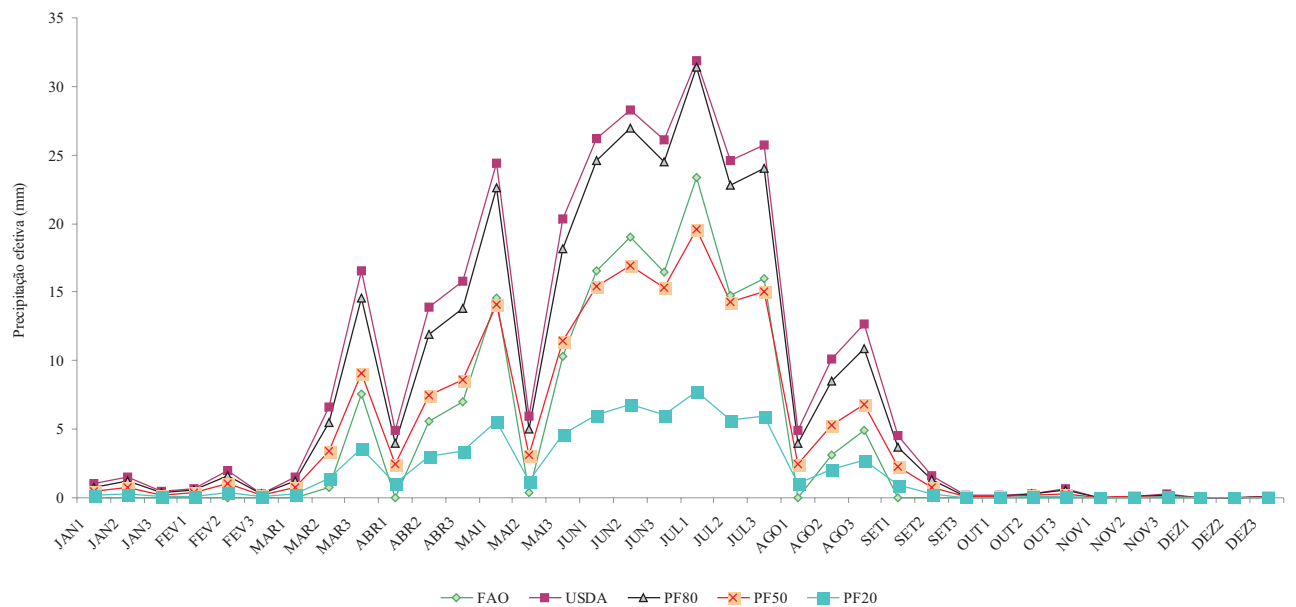


Figura 4. Chuva efetiva em nível de 75% (A) e 90% (B) ajustados a função Gama para o Município de Goiana (PE)

Figure 4. Effective rainfall at 75% (A) and 90% (B) levels adjusted to Gamma distribution to Goiana, Pernambuco, Brazil

## CONCLUSÕES

Para os dois níveis de probabilidade analisados a precipitação efetiva acompanha a variabilidade decendial da precipitação real e provável, chegando a ser nula no período de estiagem, indicando a necessidade de irrigação para suplementar as necessidades hídricas da cultura. Este fato mostra como a precipitação efetiva é afetada pela sazonalidade.

A metodologia usada para estimar a precipitação provável decendial deve ser baseada nos sistemas atmosféricos globais e de teleconexões que intervêm no regime da precipitação no setor leste do Nordeste brasileiro. Em anos de El-Niño deve-se usar o método proposto pelo USDA ou porcentagem fixa de 80%, em anos de águas quentes no Atlântico Tropical Sul, recomenda-se o uso da porcentagem fixa de 20% e, para anos regulares, a melhor opção é usar o método proposto pela FAO ou porcentagem fixa de 50%.

## LITERATURA CITADA

- Assis, F.N.; Arruda, H.V.; Pereira, A.R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas: Universitária UFPel, 1996. 161p.
- Back, A.J.; Dorfman, R.; Clarke, R. Avaliação de métodos para o dimensionamento da irrigação suplementar em clima úmido. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.3, n.4, p.33-49, 1998.
- Barbosa, F.C.; Teixeira, A. dos S.; Gondim, R.S. Espacialização da evapotranspiração de referência e precipitação efetiva para estimativa das necessidades de irrigação na região do Baixo Jaguaribe - CE. *Revista Ciência Agronômica*, v.36, n.11, p.24-33, 2005.
- Bernardo, S. Manejo da irrigação na cana-de-açúcar. *Revista Alcoolbrás*, n.106, p.72-80, 2006.
- Bernardo, S. Manual de irrigação. 5.ed. Viçosa, MG: UFV. Imprensa Universitária, 1989. 586p.
- Catalunha, M.J.; Sedyama, G.C.; Leal, B.G. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.10, n.1, p.153-162, 2002.
- Chan, S.C. Análise de distúrbios ondulatórios de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul. José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1990. 104p. Dissertação Mestrado.
- Chow, Ven Te. Handbook of applied hydrology: a compendium of water-resources technology. New York: McGraw-Hill Book, 1964. 1500p.
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Avaliação da Safra Agrícola de Cana-de-Açúcar, 1º Levantamento: Abril de 2010. Brasília: CONAB, 2010. 12p.
- Gondim, R.S.; Castro, M.A.H.; Evangelista, S.R.M.; Teixeira, A.S.; Júnior, S.C.F.F. Mudanças climáticas e impactos na necessidade hídrica das culturas perenes na Bacia do Jaguaribe, no Estado do Ceará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.12, p.1657-1664, 2008.
- Moreira, L.G.; Viana, T.V.A.; Azevedo, B.M.; Andrade Junior, A.S.; Costa, S.C. Valores recomendáveis de precipitação pluvial para uso no manejo da irrigação em Russas, CE. *Revista Ciência Agronômica*, v.34, n.2, p.241-245, 2003.
- Moura, G.B.A. A influência dos ventos e da temperatura dos oceanos Atlântico e Pacífico na variabilidade da precipitação no leste do Nordeste do Brasil: observações e modelos estatísticos de previsão. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2001. Tese Doutorado.
- Moura, G.B.A.; Aragão, J.O.R.; Melo, J.S.P.; Silva, A.P.N.; Giongo, P.R.; Lacerda, F.F. Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.4, p.462-469, 2009.
- Moura, G.B.A.; Melo, J.S.P.; Giongo, P.R.; Medeiros, S.R.R.; Silva, A.P.N. Avaliação climática do Município de Goiana, Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, 2007, Aracaju (SE). Anais. Santa Maria: SBAGRO, 2007. CD Rom.
- Rao, V.B.; Marques, V.S. Water vapor characteristics over Northeast Brazil during two contrasting years. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, v.23, n.3, p.440-444, 1984.
- Sampaio, S.C.; Correa, M.M.; Boas, M.A.V.; Oliveira, L.F.C. Precipitação efetiva para o Município de Lavras-MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.2, p.210-213, 2000.
- Sampaio, S.C.; Queiroz, M.M.F.; Frigo, E.P.; Longo, A.J.; Suszek, M. Estimativa e distribuição de precipitações decendiais para o Estado do Paraná. *Irriga*, v.12, n.1, p.38-53, 2007.
- Silva, A.B. da. Resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de adubação. Campina Grande: UFCG, 2002. 61p. Dissertação Mestrado.
- Smith, M. CROPWAT A computer program for irrigation planning and management. Rome: FAO, 1992. 126p. (Irrigation and Drainage Paper, 46).
- Thornthwaite, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, v.38, n.1, p.55-94, 1948.
- Tucci, C.E.M.; Hespanhol, I.; Cordeiro Netto, O.M. Gestão de água no Brasil. Brasília: Unesco, 2001. 156p.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization- Unesco. Water for people, water for life: an world water development report. Paris: Unesco, 2003. 34 p.
- Uvo, C.R.B.; Nobre, C.A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte II: A influência dos ventos e TSM do Atlântico Tropical. *Climanálise*, v.4, n.10, p.39-47, 1989.
- Virgens Filho, J.S.; Amorim, R.F.C.; Leite, M.L.; Balarim, C.R. Probabilidade sazonal de precipitação para a região do sertão alagoano. *Engenharia Agrícola*, v.20, n.1, p.75-81, 2000.
- Yamazaki, Y.; Rao, V.B. Tropical cloudiness over the south Atlantic Ocean. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v.55, n.2, p.203-207, 1977.