



PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DÉFICIT HÍDRICO PARA A CANA-DE-AÇÚCAR NO DISTRITO FEDERAL, BRASIL.

Luíza G. Santos¹, Luiz R. Angelocci², Sônia M. De S. Piedade³, Valter Barbieri⁴

1 Eng. Agrônoma, Mestranda no Programa de Pós Graduação de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Dep. de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, Fone: (0 xx 19) 2682-1128, luizagoncalves@agronoma.eng.br

2 Eng. Agrônomo Prof. Sênior, Dep. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

3 Eng. Agrônoma, Prof. Assistente Doutor, Dep. de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP

4 Eng. Agrônomo Prof. Doutor, Dep. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

RESUMO: O trabalho teve como objetivo analisar as probabilidades de ocorrência de déficit hídrico maior que 200 ou 400 mm no Distrito Federal, para a cultura da cana de açúcar, obtidas a partir das distribuições Gama e Wakeby. Os valores acumulados de déficit hídrico foram calculados a partir do balanço hídrico sequencial, com utilização de séries de dados de duas estações meteorológicas da Embrapa, de 1977 a 2008. As simulações de plantio da cana-planta foram realizadas nos dias 15 de setembro e 21 de outubro. A distribuição Gama apresentou probabilidades de ocorrência de déficit hídrico superiores à distribuição Wakeby, entretanto ambas sugerem necessidade de irrigação complementar na região na grande maioria dos anos.

PALAVRAS-CHAVE: estatística agroclimatológica, déficit hídrico.

PROBABILITIES OF OCCURRENCE OF HYDRIC DEFICITS FOR SUGARCANE IN THE FEDERAL DISTRICT, BRAZIL.

ABSTRACT: The work's objective was to analyse occurrence probabilities of hydric deficit higher than 200 or 400 mm in Federal District, to the sugarcane crop, obtained from Gamma and Wakeby distributions. Water deficits were calculated from the serial soil water budget estimated by the model of Thornthwaite and Mather. Data series of two Embrapa's weather stations were used, ranging from 1977 to 2008. The planting simulations for the sugarcane were held on September 15 and October 21. The Gamma distribution showed higher hydric deficit occurrence probabilities than the Wakeby distribution, however, both of them suggest the necessity of supplementary irrigation in the region in the great majority of the years.

PALAVRAS-CHAVE: agrometeorological statistic, hydric deficit.





INTRODUÇÃO

Devido às condições climáticas, a solidez do agronegócio sucro-alcooleiro baseado na produção de açúcar para o mercado interno e externo e de álcool como combustível tem contribuído para a expansão da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) em várias regiões brasileiras, destacando-se a região Centro-Oeste como a segunda maior região produtora, com cerca de 16,5% de área cultivada, sendo a cultura canavieira a que mais se expandiu na região nos últimos 8 anos. A safra 2011/2012 do Distrito Federal alcançou 65 mil toneladas, correspondente a uma produtividade de 89 toneladas por hectare (CONAB, 2013). Visando o incremento da produção se faz importante conhecer o balanço hídrico regional no planejamento da atividade agropecuária, enfocando principalmente os déficits hídricos para escolha do melhor manejo possível. De acordo com Inman-Bamber (2004) déficits hídricos superiores a 120 mm/ano reduzem a capacidade de acúmulo de biomassa da cana e acima de 145 mm/ano reduz a produção e acúmulo de sacarose no colmo. Segundo Manzatto et al (2009), a cana-de-açúcar passa a necessitar de irrigação a partir de 200 mm de déficit anual, e regiões que apresentem déficit acima de 400 mm/ano são classificadas como impróprias para a cultura. Dessa forma, objetivou-se comparar as probabilidades de ocorrência de déficit maiores que 200 e 400 mm para o Distrito Federal, obtidas a partir de duas distribuições estatísticas, sendo elas Gama e Wakeby.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas duas séries de dados de estações meteorológicas, ambas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. A primeira estação está localizada no Centro de Pesquisa Agropecuária no Cerrado (CPAC), Embrapa Cerrados (latitude 15,59° S, longitude 47,70° O, altitude 1000m), usando-se série de 1977 a 2008 e a segunda, localizada no Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças (CNPQ), Embrapa Hortaliças, (latitude 15,93° S, longitude 48,13° O, altitude 997.62 m), com série de 1978 a 2008.

Foram realizados dois tipos de balanços hídricos (BH) neste estudo, ambos em escala quinzenal. O primeiro, o BH médio climatológico, para fins de referência e identificação de parâmetros iniciais, e o segundo, o BH climatológico sequencial, utilizando a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955). O início dos cálculos se baseou na quantidade média de água disponível estimada no período do plantio, informação obtida da relação do armazenamento de água do solo e a capacidade de água disponível (CAD), oriunda do BH médio climatológico. Os BH sequenciais foram realizados utilizando CAD de 95 mm, característico de solo de textura média predominante na região (EVANGELISTA, 2011), e temperatura média efetiva na estimativa de evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite ajustado por Camargo et al. (1999).

Foram estimadas durações do ciclo em cada ano agrícola, com duas datas de plantio, 15 de setembro e 21 de outubro, estando esta última data incluída nas recomendações da portaria nº 241/2010, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que dispõe acerca do Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de cana-de-açúcar no Distrito





Federal. A estimativa da duração do ciclo em cada ano agrícola foi realizada pelo uso de graus-dias de acordo com Barbieri et al. (2003)

Para estimar a probabilidade de ocorrência de déficit hídrico maior que 200 ou 400 mm, considerados limitantes para a cultura (MANZATTO et al., 2009) foi utilizado o programa estatístico EasyFit, que analisa um grande elenco de distribuições estatísticas e retorna a que melhor se ajusta aos dados, de acordo com três testes de aderência: Kolmogorov-Smirnov, χ^2 e Anderson-Darling. Apesar da extensa variedade de distribuições que o programa oferece, foram consideradas apenas nove delas de um total de 14 delas, escolha baseada nos trabalhos de Fietz et al (2001), Blain e Brunini (2007) e Silva et al (2008), sendo elas a beta, exponencial, gama, Gumbel, gaussiana inversa, log-normal, normal, Wakeby e Weibull. Estas distribuições foram, então, ranqueadas em razão da sua aderência pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de significância. Assim, as informações coletadas foram transferidas para planilhas Excel, para o subseqüente cálculo das probabilidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os BH médios climatológicos estimaram um déficit acumulado de 338 mm para a série CNPH e 366 mm para a série CPAC, já indicando necessidade de irrigação complementar para a cultura na região.

As séries de déficit hídrico de ambas as datas de simulação (15/09 e 21/10) e estações (locais) foram agrupadas em seis classes de frequência cada (Tabela 1).

Tabela 1 Frequência de ocorrência de excedente hídrico dos dois locais e datas de plantio.

CPAC 15/09		CPAC 21/10		CNPH 15/09		CNPH 21/10	
Classe (mm)	Freq.	Classe (mm)	Freq.	Classe (mm)	Freq.	Classe (mm)	Freq.
223 a 303	3	63 a 141	1	79 a 151	2	227 a 275	4
303 a 383	5	141 a 219	3	151 a 223	8	275 a 322	4
383 a 464	11	219 a 296	4	223 a 295	6	322 a 370	9
464 a 544	8	296 a 374	7	295 a 367	8	370 a 417	5
544 a 625	2	374 a 452	10	367 a 439	2	417 a 465	4
625 a 705	1	452 a 530	5	439 a 511	3	465 a 512	4
Total	30	Total	30	Total	30	Total	30

Das distribuições analisadas a que apresentou o melhor ajuste, de acordo com teste de Kolmogorov-Smirnov, para a série CPAC foi a Wakeby. As equações respectivas para os dois locais e datas de plantio foram:

Séries CPAC:

Plantio em 15/09:

$$P(X \leq x) = 181.4 + \frac{1642.7}{8.6021} (1 - (1 - x)^{8.6021}) - \frac{82.99}{-0.02825} (1 - (1 - x)^{0.02825}) \quad (\text{eq. 1})$$

Plantio em 21/10:

$$P(X \leq x) = 27.79 + \frac{1803.5}{15.52} (1 - (1 - x)^{15.52}) - \frac{70.637}{-0.17422} (1 - (1 - x)^{0.17422}) \quad (\text{eq. 2})$$





Séries CNPH:

Plantio em 15/09:

$$P(X \leq x) = 60.489 + \frac{867.71}{6.7832} (1 - (1 - x)^{6.7832}) - \frac{141.46}{-0.2463} (1 - (1 - x)^{0.2463}) \quad (\text{eq. 3})$$

Plantio em 21/10:

$$P(X \leq x) = 133.58 + \frac{4624}{34.551} (1 - (1 - x)^{34.551}) - \frac{157.33}{-0.51683} (1 - (1 - x)^{0.51683}) \quad (\text{eq. 4})$$

Analogamente, a distribuição de melhor ajuste para a série CNPH foi a gama, cujas equações ficaram assim definidas para os dois locais e datas de plantio:

Séries CPAC:

Plantio em 15/09:

$$P(X \leq x) = \frac{x^{(18.793-1)}}{23.05^{18.793} \Gamma(18.793)} \exp\left(\frac{-(x)}{23.05}\right) \quad (\text{eq. 5})$$

Plantio em 21/10:

$$P(X \leq x) = \frac{x^{(10.543-1)}}{18.695^{10.543} \Gamma(10.543)} \exp\left(\frac{-(x)}{18.695}\right) \quad (\text{eq. 6})$$

Séries CNPH:

Plantio em 15/09:

$$P(X \leq x) = \frac{x^{(6.6787-1)}}{42.745^{6.6787} \Gamma(6.6787)} \exp\left(\frac{-(x)}{42.745}\right) \quad (\text{eq. 7})$$

Plantio em 21/10:

$$P(X \leq x) = \frac{x^{(22.544-1)}}{16.293^{22.544} \Gamma(22.544)} \exp\left(\frac{-(x)}{16.293}\right) \quad (\text{eq. 8})$$

A título de informação, ambas as distribuições apresentaram também boa aderência aos dados observados quando foram utilizados os testes de χ^2 e Anderson-Darling.

As probabilidades de ocorrência de valores limitantes de excedente hídrico para a cana de açúcar podem ser observadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 Probabilidade de ocorrência de déficits hídricos superiores aos limites propostos para os dois locais e datas de plantio, de acordo com a distribuição Wakeby.

Wakeby	CPAC		CNPH	
	15/09	21/10	15/09	21/10
P(X>200mm)	74.54%	26.48%	56.74%	62.21%
P(X>400 mm)	7.33%	0.10%	7.38%	1.79%

Tabela 3 Probabilidade de ocorrência de déficits hídricos superiores aos limites propostos para os dois locais e datas de plantio, de acordo com a distribuição gama.

Gama	CPAC		CNPH	
	15/09	21/10	15/09	21/10
P(X>200 mm)	99.81%	44.03%	76.89%	99.46%
P(X>400 mm)	60.39%	0.35%	14.71%	31.55%





A distribuição gama gerou maiores valores de probabilidade de ocorrência de déficits hídricos superiores a 200 mm e 400 mm no ciclo, do que a Wakeby, para ambas as localidades e graus de déficit adotados. Ambas as distribuições geraram maiores valores de probabilidade de déficit acima de 200 mm para o plantio em 15/09 para a região do CPAC em relação à data de 21/10, mas o inverso ocorreu para o CNPH, o que está em desacordo com a recomendação da data de 21/10 ser a mais indicada para o plantio. A gama prevê ocorrência praticamente certa em todos os anos de déficit acima 200 mm, indicador da necessidade de irrigação complementar para a cana-de-açúcar na região do CPAC quando o plantio é feito em 15 de setembro e para o CNPH quando o plantio é feito em 21/10. A probabilidade de ocorrência desse nível de deficiência para as outras datas em ambas as regiões se mantém bastante alta, 76,89% para o CNPH caso se considere a distribuição Gama e 56,74% se considerada a distribuição Wakeby para a data de 15/10. Para a data de 21/10 no CPAC, diminui a probabilidade pelas duas distribuições.

Para níveis de déficit acima de 400 mm, indicação de seca muito severa para o cultivo da cultura, a probabilidade apresenta valores baixo se usada a distribuição Wakeby, enquanto que gama estimou valores mais altos, chegando a 60,39% em 15/09 para o CPAC e 31,55%.

Apesar das discrepâncias entre os resultados obtidos pelas duas distribuições, os resultados aqui apresentados confirmam a constatação de Manzatto et al. (2009) citada no zoneamento da cana-de-açúcar para o Brasil indicando uma grande probabilidade, em cada ano, de que a região de Brasília necessite de irrigação complementar para o cultivo da cultura.

CONCLUSÃO

Independente de qual distribuição se ajuste melhor aos dados observados, tendo a gama sempre mostrado valores mais elevados de probabilidade do que a Wakeby nas duas regiões e datas de plantio, elas demonstram a necessidade de irrigação complementar para a cana-de-açúcar na região de Brasília, uma vez que os valores de probabilidade de ocorrência de déficit hídrico no ciclo da cultura acima de 200 mm sinalizam a potencialidade de perdas de produtividade devido à seca.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, V.; DUJMOVICH, M. N.; ANGELOCCI, L. R. Metodologias para estimativa edafoclimática dos componentes do balanço hídrico agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 13, 2003, Santa Maria. *Anais...* Piracicaba: SBA; ESALQ, p. 265-266, 2003.

BARBIERI, V.; SILVA, F. C.; Coeficiente de Cultura (Kc) da Cana de Açúcar para o Primeiro e Segundo Cortes, em Função do Acúmulo de Graus-Dia durante as Diferentes Estágios de Crescimento. *Revista STAB. PIRACICABA*, v. 30, n. 4., 2012. 3 p.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Divulga o Zoneamento Agrícola Risco Climático para a cultura de cana-de-açúcar no estado de Goiás. Portaria nº 241/2010. **Diário Oficial**, Brasília, 10 de agosto de 2010.

BLAIN, G.C.; BRUNINI, O. Análise da escala temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, p.255-261, 2007.

CAMARGO, A. P. de; MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; PICINI, A. G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 7, n. 2, 1999. 6p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar**: Safra 2012/2013 quarto levantamento. Brasília, 2013. 18 p. (Relatório de Acompanhamento da Safra Brasileira).

EVANGELISTA, B. A. Projeção de cenários atuais e futuros de produtividade de cana-de-açúcar em ambiente de Cerrado. 2011. 188 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

FIETZ, C. R.; URCHEI, M. A.; FRIZZONE, J. A. Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico na região de Dourados (MS). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD-ROM.

INMAN-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, v.89, p.107-122, 2004.

MANZATTO, C. V. et al. (org.) Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p.

SILVA, J. C. de; HELDWEIN, A. B.; TRENTIN, G.; STRECK, N. A.; MARTINS, F. B. Funções de distribuição de probabilidade decenal e mensal para a deficiência hídrica no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1893-1899, out, 2008.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 104p. 1955.

