



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



Cana-de-açúcar nas microrregiões do Sudoeste de Goiás e de Quirinópolis, GO - I: Caracterização edafoclimática e produtividade de colmos sob condições de sequeiro e irrigação

*Henrique Boriolo Dias¹; Fabio Vale Scarpere²; Paulo Cesar Sentelhas³;
Leonardo Amaral Monteiro⁴*

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando do PPG-ESA, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, Fone: (19) 3429-4123, email: henrique.bdias@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, CTBE-CNPEM, Campinas, SP

³ Engenheiro Agrônomo, Prof. Associado 3, Depto. de Engenharia de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba, SP

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutorando do PPG-ESA, ESALQ-USP, Piracicaba, SP

RESUMO: O presente estudo teve por objetivos realizar a caracterização edafoclimática e estimar a produtividade de colmos da cana-de-açúcar em condições de sequeiro e irrigação nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, GO. Foram usados dados meteorológicos da base do *Global Weather Data* (GWD) e o balanço hídrico para caracterização climática foi calculado de acordo com o modelo de Thornthwaite e Mather (1955). Por meio do modelo da Zona Agroecológica da FAO (MZA-FAO), com capacidade de água disponível (CAD) específica para cada ponto da grade do GWD, foram calculadas as produtividades potencial (PP) e atingível (PA) e, a partir da relação PA/PP, foi calculada a quebra de produtividade (Q) devido ao déficit hídrico (DEF). Foram realizadas simulações para uma série histórica de 30 anos. Quatro épocas de plantio para cana planta e três épocas para soca foram simuladas, sendo a PA da cultura da cana-de-açúcar ponderada de acordo com a área de produção. Três tipos de irrigação foram simulados: 20% do DEF, 50% do DEF e 100% do DEF (plena). A temperatura do ar média anual situa-se entre 22 e 25°C. A precipitação anual média varia de 1300 a 2500 mm. A maior parte do DEF é da ordem de 250 a 400 mm, enquanto o excedente hídrico situa-se entre 400 a 800 mm. O modelo MZA-FAO apresentou desempenho satisfatório. A PA varia de 70 a 90 t ha⁻¹. Ambas as microrregiões apresentam Q considerável, da ordem de 55 a 65%. A irrigação, em áreas com PA em torno de 50 a 60 t ha⁻¹, com o suprimento de 20% e 50% do DEF propiciou incrementos de 16,5 t ha⁻¹ e 50 t ha⁻¹. Na irrigação plena, os valores foram próximos à PP. O modelo utilizado representou bem as condições de produtividade de colmos da cana-de-açúcar em áreas de expansão do estado de Goiás, assim como o incremento na produtividade com o uso da irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Cana-de-açúcar, Irrigação, Modelagem Agrometeorológica

Sugarcane in the Southwestern Goiás and Quirinópolis microregions - I: Edaphoclimatic characterization and stalk yield under rainfed and irrigated conditions

ABSTRACT: The objectives of the present study was to perform an edaphoclimatic characterization and to estimate the stalk fresh mass of sugarcane crop under rainfed and irrigated conditions in Southwestern Goiás and Quirinópolis, GO, microregions. The weather data were obtained from *Global Weather Data* (GWD). The water balance for edaphoclimatic characterization was calculated through the Thornthwaite and Mather (1955) model. The FAO Agroecological Zone Model (AZM-FAO model) was employed, with specific soil water holding capacity (SWHC) for each point of GWD grid, to estimate de potential (YP) and actual (YA) yields. The YA/YP relationship was used to calculate the climatic risk due to water deficit (WD). Simulations were performed for a 30-year series, considering four planting dates for plant crop and three ratoon cane maturation cycles. The final yield was determined by weighting all these crops by their respective production area. Three irrigation levels were simulated: 20% of WD; 50% of WD; and 100% of WD. The mean annual air temperature in the area is between 22 and 25°C. The mean annual rainfall ranges from 1300 to 2500 mm. The WD is around 250 and 400 mm,

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

while water surplus varies from 400 to 800 mm. The AZM-FAO model performance was satisfactory. The YA ranges from 70 to 90 t ha⁻¹. Both microregions presented high climate risk, with yield gaps around 55 and 65%. The irrigation increments totaled, in average, 16.5 t ha⁻¹ and 50 t ha⁻¹ when 20% and 50% of WD were applied, respectively. The YA for full irrigation (100% of WD) was close to YP. The AZM-FAO represented well the sugarcane yield and the increments provided by irrigation in the areas to where this crop is expanding in Goiás state.

KEY WORDS: Sugarcane, Irrigation, Agrometeorological modelling

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a principal fonte renovável de energia da matriz energética brasileira, com participação de aproximadamente 42% dentre as renováveis (EPE, 2014). Cerca de 19% do total de energia consumida no Brasil advêm de produtos da referida cultura, sendo a segunda principal fonte de energia no país, atrás apenas do petróleo (EPE, 2014). Devido ao aumento da demanda por produtos derivados da cana-de-açúcar nos últimos anos, o cultivo tem se expandido para áreas não tradicionais, com acentuada deficiência hídrica, onde a irrigação é a principal alternativa para evitar quebras de produtividade e incremento dessa. No estado de Goiás, a área cultivada cresceu cerca de 700 mil ha nos últimos 10 anos, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015). Dessa forma, é importante avaliar o ambiente edafoclimático e o risco climático associado ao cultivo da cana-de-açúcar nessas áreas, bem como avaliar o impacto da irrigação na produtividade de colmos. Como a avaliação desses aspectos no campo é onerosa e demorada, os modelos matemáticos de simulação de culturas são uma ferramenta viável para se avaliar o risco climático e o impacto da irrigação na produtividade das culturas. O presente estudo teve por objetivos realizar a caracterização edafoclimática e estimar, por meio do Modelo da Zona Agroecológica da FAO (MZA-FAO), a produtividade de colmos da cana-de-açúcar em condições de sequeiro e de irrigação nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, GO.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização das microrregiões e obtenção de dados meteorológicos e de solo

A Figura 1 apresenta a localização geográfica das microrregiões de estudo. Os dados de temperaturas máxima (T_{max}, °C) e mínima (T_{min}, °C), precipitação (P, mm) e radiação solar (Q_g, MJ m⁻² dia⁻¹), para o período de 1979 a 2010, foram obtidos por meio do acesso ao banco de dados do *Global Weather Data* (GWD, <http://globalweather.tamu.edu>), o qual tem uma grade de 38 x 38 km (Figura 1). Esses dados foram ajustados para a escala decendial, já que as planilhas eletrônicas de cálculo do balanço hídrico e do modelo de estimação da produtividade foram programadas nessa escala. O fotoperíodo (N, horas), irradiância solar extraterrestre (Q_o, MJ m⁻² dia⁻¹) e saldo de radiação (R_n, MJ m⁻² dia⁻¹) foram estimados de acordo com Allen et al. (1998), com coeficiente de reflexão ou albedo de 23%. A insolação (n, horas) foi estimada pela integração dos métodos de estimação da radiação solar global de Angström-PreScott (ALLEN et al., 1998) e Hargreaves e Samani (1982).

A caracterização edáfica foi realizada por meio dos mapas de solo e textura do Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás (SIEG).

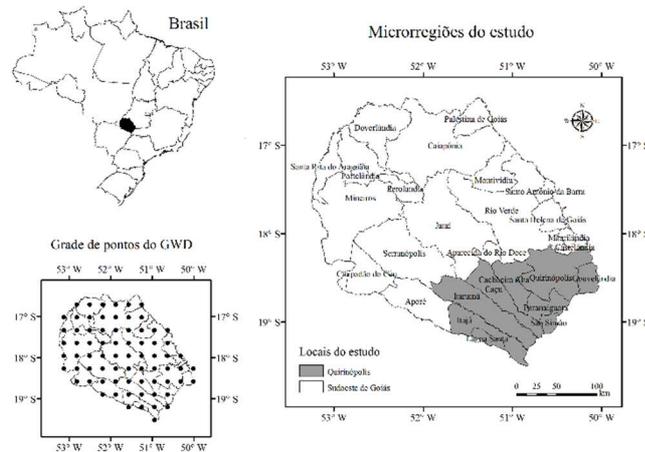


Figura 1. Localização geográfica das áreas de estudo e grade de pontos dos dados meteorológicos da *Global Weather Data*.

Caracterização climática

A caracterização climática das áreas de estudo foi feita por meio do balanço hídrico climatológico, de acordo com o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955), usando planilhas em ambiente EXCEL[®] devidamente programadas. A CAD usada para o BHC foi de 100 mm. Tal método leva em consideração a variação do armazenamento de água no solo (ARM) em função da profundidade efetiva de exploração das raízes, das características físicas do solo e da perda de água acumulada (negativo acumulado), a qual é função do balanço entre a P e a evapotranspiração potencial (ETP, mm). Como resultado, o balanço hídrico fornece as estimativas de evapotranspiração real (ETR, mm), do déficit hídrico (DEF, mm), do excedente hídrico (EXC, mm) e do ARM para cada período (PEREIRA et al., 2002).

A ETP foi estimada pelo método de Priestley e Taylor (1972), o qual leva em consideração a temperatura média (Tmed, °C), Rn e o fluxo de calor no solo (G, MJ m⁻² dia⁻¹). G foi considerado como sendo zero para o período considerado, como sugerido por ALLEN et al. (1998).

Estimação da produtividade de colmos

Para a estimação da produtividade potencial de colmos da cana-de-açúcar (PP, t ha⁻¹) foi utilizado o modelo da MZA-FAO (DOORENBOS e KASSAM, 1979), o qual considera as variáveis Q₀, Tmed, N e n como dados de entrada. O modelo foi programado em planilhas eletrônicas no ambiente EXCEL[®] na escala decendial, de acordo com a seguinte equação:

$$PP = \sum_{i=1}^m (PPBp_i \cdot c_{iaf} \cdot c_{resp} \cdot c_{colh} \cdot c_{um}) \cdot ND \quad (1)$$

em que: PP é a produtividade potencial final de colmos da cana-de-açúcar, em kg ha⁻¹; m representa os decêndios do ciclo (i varia de 1 a m); PPBp é a produtividade potencial bruta padrão de matéria seca para uma cultura hipotética, com índice de área foliar (IAF, m² m⁻²) = 5, em kg massa seca ha⁻¹ decêndio⁻¹; c_{iaf} é o coeficiente para correção do IAF; c_{resp} é o coeficiente de correção para respiração de manutenção da cultura, dependente do tipo de espécie e da Tmed; c_{colh} é o coeficiente relativo à parte colhida ou índice de colheita (no caso, colmos, considerado como sendo 0,8); c_{um} é o coeficiente que considera a umidade da parte colhida, considerado a umidade do colmo de 80%; ND é o número de dias do decêndio.

A duração, em dias, das fases fenológicas utilizadas foram obtidos dos trabalhos de Doorenbos e Kassam (1979) e Monteiro e Sentelhas (2013). Os valores de IAF utilizados são apresentados na Tabela

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

1. A produtividade PPBb foi calculada por meio do somatório da PPB em duas condições, sob ausência de nuvens - céu limpo - (PPBc) e quando o céu está nublado (PPBn) no período considerado, os quais são dependentes da Q_o , T_{med} e relação n/N (DOORENBOS e KASSAM, 1979).

A produtividade atingível (PA , $t\ ha^{-1}$) foi estimada a partir da relação entre a quebra de produtividade relativa ($1 - PA/PP$) e o déficit hídrico relativo ($1 - ETr/ETc$). A ETc é a evapotranspiração máxima da cultura e foi estimada pelo produto da ETP e o coeficiente de cultura (kc), variável em função da fase fenológica, conforme Doorenbos e Kassam (1979) (Tabela 1). A ETr é a evapotranspiração real da cultura e foi obtida a partir do balanço hídrico da cultura, calculado pelo modelo de Thornthwaite e Mather (1955) com CADs em função dos solos e texturas predominantes nas microrregiões, determinadas com base em Prado (2013). A equação empregada para a estimativa da produtividade atingível (PA) foi a seguinte:

$$PA_n = \prod_{i=1}^n \left\{ PA_{n-1} \cdot \left[1 - ky_i \cdot \left(1 - \frac{ETr}{ETc} \right)_i \right] \right\} \quad (2)$$

em que: PA_n é a produtividade atingível de colmos da cana-de-açúcar, em $t\ ha^{-1}$; i representa as fases fenológicas durante o ciclo da cultura e varia de 1 a 7; PA_{n-1} é a produtividade atingível da fase fenológica anterior, em $t\ ha^{-1}$, sendo que na fase fenológica $i = 1$ e $PA_{n-1} = PP$; ky é o coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura em cada fase fenológica (Tabela 1); ETr é a evapotranspiração real da cultura, em mm; e ETc - evapotranspiração máxima da cultura, em mm.

Tabela 1. Índice de área foliar ($m^2\ m^{-2}$), coeficiente de cultura (kc) e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (ky) para cada fase fenológica da cana-de-açúcar.

Fases Fenológicas	Índice de área foliar ($m^2\ m^{-2}$)				kc	ky
	Cana Planta			Soca		
	18 meses	15 meses	12 meses	12 meses		
1 - Do plantio até 25% de cobertura	2,50	2,00	2,00	2,00	0,50	0,75
2 - De 25-50% de cobertura	3,00	2,50	2,50	2,50	0,80	0,75
3 - De 50-75% de cobertura	4,50	3,50	3,00	3,00	1,00	0,50
4 - De 75% à cobertura plena	5,00	4,00	3,50	3,50	1,10	0,50
5 - Máximo crescimento	6,00	5,00	4,50	4,00	1,20	0,30
6 - Senescência	5,00	4,00	4,00	3,50	0,95	0,30
7 - Maturação	4,50	3,50	3,50	3,00	0,65	0,10

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979); Monteiro e Sentelhas (2013)

Para estimar a produtividade de colmos da cana-de-açúcar final, foram simulados dois tipos de ciclos em diferentes épocas de plantio, como usado por Monteiro e Sentelhas (2013): (i) Cana Planta (CP): plantada em fevereiro (CP.Fev) e março (CP.Mar) com 18 meses, outubro com 12 meses (CP.Out) e plantada em julho com 15 meses (CP.Jul), representando o chamado “plantio de inverno”; (ii) Cana Soca (CS): soqueiras de 12 meses onde as colheitas representam cana soca precoce cujo início do ciclo foi simulado em maio (S.Mai), cana soca média (S.Ago), cujo início do ciclo foi simulado em agosto e cana soca tardia (S.Out), cujo início do ciclo foi simulado em outubro. As produtividades relativas às “canas-soca” foram admitidas como sendo a média de cinco cortes. Ponderações para a área ocupada por cada tipo de cana foram feitas, tomando-se por base o trabalho de Monteiro e Sentelhas (2013), na tentativa de representar um sistema de produção, conforme seguinte ponderação:

$$PAf = 0,105 \cdot CP.Fev + 0,05 \cdot CP.Mar + 0,01 \cdot CP.Jul + 0,08 \cdot CP.Out + 0,25 \cdot S.Mai + 0,30 \cdot S.Ago + 0,2 \cdot S.Out$$

(3)

em que: PAF é a produtividade de colmos final da cultura da cana-de-açúcar, em t ha⁻¹; CP.Fev é a produtividade de colmos da cana planta de 18 meses plantada em fevereiro; CP.Mar é a produtividade de colmos da cana planta de 18 meses plantada em março; CP.Jul é a produtividade de colmos da cana planta de 15 meses plantada em julho; CP.Out é a produtividade de colmos da cana planta de 12 meses plantada em outubro; S.Mai é a produtividade de colmos da cana soca com rebrota simulada em maio; S.Ago é a produtividade de colmos da cana soca com rebrota simulada em agosto; S.Out é a produtividade de colmos da cana soca com rebrota simulada em outubro.

Dessa forma, a área de produção final foi representada por 25% de CP e 75% de CS.

A produtividade final para espacialização consistiu da média aritmética das simulações do período o qual se tinha disponibilidade de dados (1980 a 2010) para cada ponto da grade proveniente do GWD.

Risco climático e simulação da produtividade da cultura sob irrigação

O risco climático foi determinado pela quebra de produtividade, representado pela equação:

$$Q = \left(1 - \frac{PA}{PP}\right) \cdot 100$$

(4)

em que: Q é a quebra de produtividade de colmos da cana-de-açúcar ponderada, em %; PA é a produtividade atingível final de colmos da cana-de-açúcar ponderada, em t ha⁻¹; PP é a produtividade potencial final de colmos da cana-de-açúcar ponderada, em t ha⁻¹.

Para simular a irrigação e verificar seus impactos, foram usados os seguintes critérios: (i) irrigação com suprimento de 20% do déficit hídrico; (ii) irrigação com suprimento de 50% do déficit hídrico; (iii) irrigação plena, com atendimento de 100% do déficit hídrico. Em todos os casos, não foi suprido qualquer déficit hídrico no último mês do ciclo, correspondente a maturação da cultura, visto que o estresse hídrico nessa fase é fundamental para que ocorra acúmulo de sacarose nos colmos (ALEXANDER, 1973; CARDOZO e SENTELHAS, 2013).

Desempenho do modelo agrometeorológico e espacialização dos dados

Na avaliação do desempenho do MZA-FAO foram utilizados dados de produtividade real (PR) média obtidos do banco de dados do IBGE. Os dados de produtividade estimados pelo modelo agrometeorológico foram comparados com os dados reais por meio dos seguintes índices estatísticos: erro absoluto médio (EAM, unidade), raiz quadrada do erro médio (RQEM, unidade), coeficiente de correlação de Pearson (r, adimensional), coeficiente de determinação (R², adimensional), índice de concordância “d” (WILLMOTT et al., 1985) e índice de confiança “C” de Camargo e Sentelhas (1997). Para calibração foram usados dados dos municípios de Maurilândia, Rio Verde e Santa Helena de Goiás, enquanto que para a validação foram usados dados de diversos municípios do estado de Goiás. Na calibração do modelo foram empregados 45% dos dados, enquanto que os demais 55% foram usados para o processo de validação.

Para a espacialização dos dados foram utilizadas equações de regressão linear múltipla baseadas na latitude, longitude, altitude e quando necessários, variáveis independentes (como P e DEF), conforme procedimento empregado por Yamada e Sentelhas (2014) e Monteiro e Sentelhas (2014). O Sistema de Informação Geográfica (SIG) usado foi o ArcGis® 9.3. Nos mapas de P e EXC interpolação para a confecção dos mapas foi feita pelo método da Krigagem.

Caracterização edafoclimática das microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis

Os Latossolos de textura média são os solos predominantes nas microrregiões, porém há importantes manchas de Neossolos e Cambissolos (Figura 2). A temperatura do ar média anual situa-se entre 22 e 25°C (Figura 3a). A precipitação anual média varia de 1300 a 2500 mm (Figura 3b). A maior parte do DEF é da ordem de 250 a 400 mm, enquanto o excedente hídrico situa-se entre 400 a 800 mm (Figuras 4a e 4b).

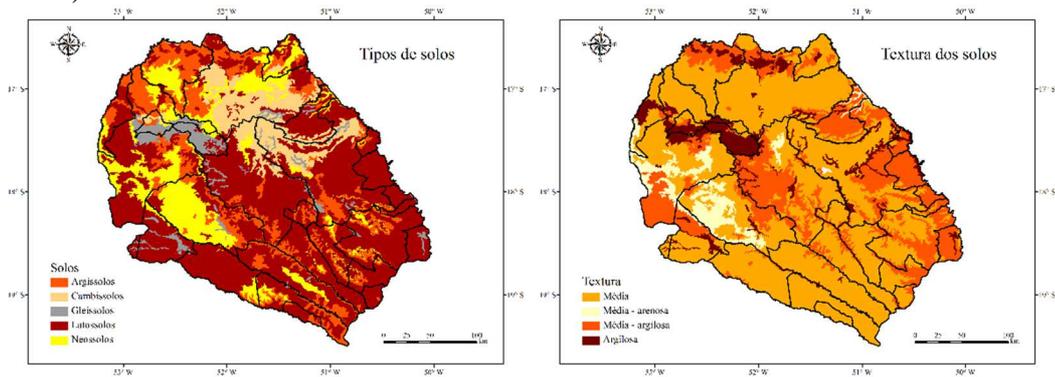


Figura 2. Tipo e textura dos solos das microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, GO. (Fonte: SIEG)

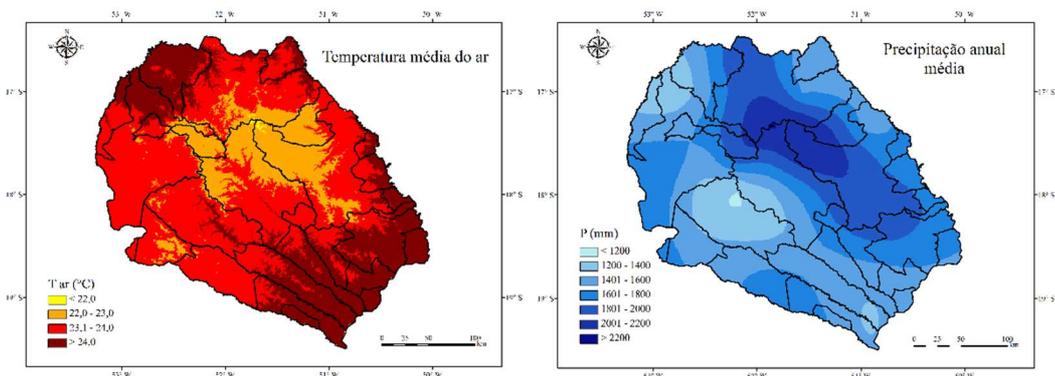


Figura 3. Temperatura do ar média anual (°C) e precipitação anual média (mm) nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, GO.

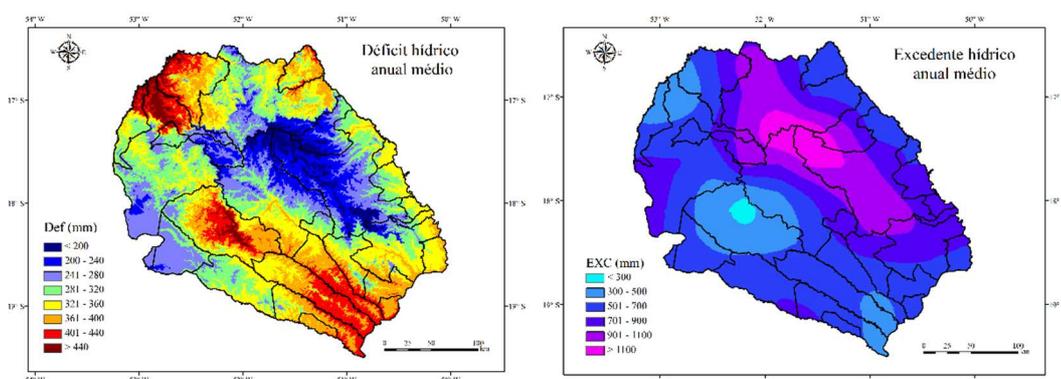


Figura 4. Déficit e excedente hídrico anual médio (mm) nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, GO, considerando-se uma CAD de 100 mm.

Desempenho do modelo agrometeorológico

Pode-se considerar que o desempenho do modelo foi satisfatório, pois apresentou valores de RQEM e EAM inferiores a $7,1 \text{ t ha}^{-1}$, índice “d” superior a 0,7 e “C” superior a 0,5 para ambas os processos, calibração e validação (Figura 5).

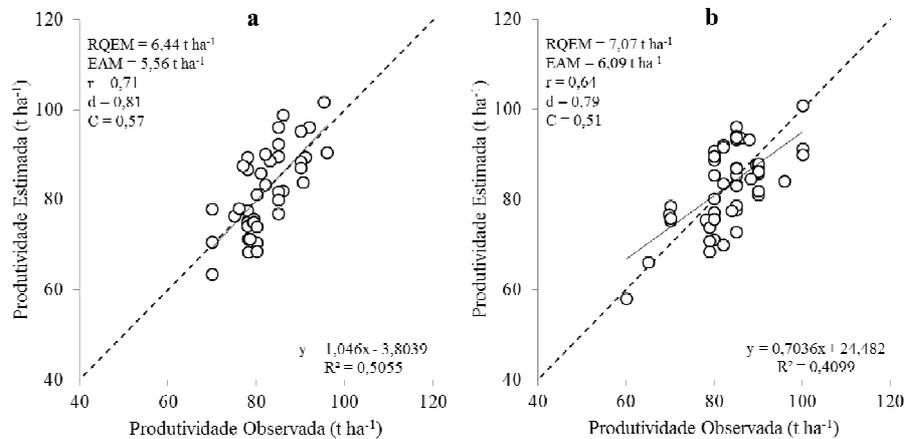


Figura 5. Relação entre a produtividade de colmos observada e estimada pelo modelo MZA-FAO nos processos de calibração (a) e validação (b), para diferentes localidades de Goiás.

Produtividade de colmos e risco climático da cultura da cana-de-açúcar nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis

A PP da cultura da cana-de-açúcar (Figura 6a), na maioria das microrregiões ultrapassa os 180 t ha^{-1} , sendo que nos locais que apresentam menor potencial isso se deve à menor insolação e temperaturas mais amenas. A PA (Figura 6b), obtida nas condições de sequeiro, varia muito em função do local, porém o tipo de solo parece influenciar bastante tal variabilidade, bem como as condições climáticas. De acordo com a modelagem realizada, a produtividade da região fica em torno de 70 a 0 t ha^{-1} , entretanto, há locais com produtividades inferiores a 60 t ha^{-1} em solos de textura média e arenosa. Os maiores valores de PA estão no meio norte do município de Jataí, Rio Verde, Montividiu. Tais localidades, em geral, apresentam solos com textura mais argilosa e, ou maiores volumes de precipitação, favorecendo o acúmulo de biomassa. A Tabela 2 apresenta as médias recentes das produtividades reais (PR) de alguns municípios das duas microrregiões, para fins de comparação. Para grande maioria dos municípios, as faixas de produtividade apresentadas na Figura 6b estão em consonância com as PR relatadas; todavia, para alguns municípios, a PR é maior que a estimada pelo modelo, o que se deve ao fato que boa parte das áreas de produção de cana-de-açúcar são recentes, com maior participação de canas de 1º corte na produtividade final da cultura, além de que em alguns desses locais a irrigação no período mais seco já vem sendo prática comum. Rio Verde, Santa Helena de Goiás e Maurilândia são os municípios que têm série histórica de produtividades de cana-de-açúcar razoavelmente longas e, em tais municípios, a produtividade estimada pelo modelo representou bem as condições médias dos mesmos. Monteiro e Sentelhas (2013), utilizando o mesmo modelo agrometeorológico e um SIG visando mapear a produtividade da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, obtiveram um bom resultado, representando bem as condições edafoclimáticas do estado e de produtividade da cultura.

Por meio da Figura 6c, verifica-se que as áreas de maior risco climático são aquelas onde há solos com textura arenosa e menores volumes de precipitação. Ambas as microrregiões apresentam relevante risco climático, com boa parte apresentando quebras de produtividade da ordem de 50 a 65% . Como pode ser observado pela comparação entre PP e PA, a maior parte do risco está associado ao DEF.

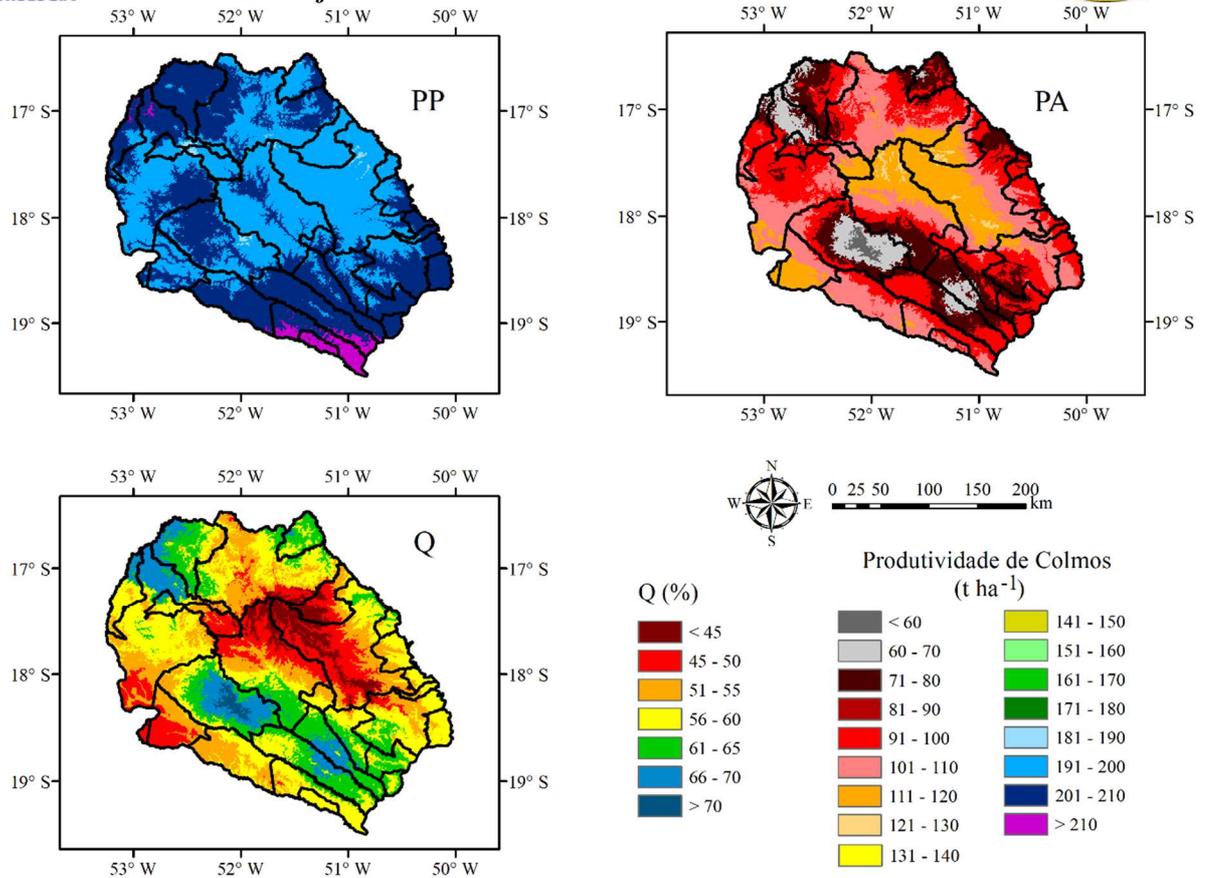


Figura 6. Produtividade potencial e atingível de colmos ($t\ ha^{-1}$) e quebra de produtividade (%) da cultura da cana-de-açúcar nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, GO.

Tabela 2. Média de produtividades de colmos recentes da cultura da cana-de-açúcar ($t\ ha^{-1}$) em municípios das microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, estado de Goiás.

Município	PR ¹ ($t\ ha^{-1}$)	Município	PR ($t\ ha^{-1}$)
Aparecida do Rio Doce	91,2	Montividiu	94,2
Aporé	69,0	Paranaiguara	77,5
Cachoeira Alta	85,0	Perolândia	85,0
Caçu	76,2	Portelândia	89,0
Chapadão do Céu	84,8	Quirinópolis	81,8
Gouvelândia	84,6	Rio Verde	84,9
Itarumã	81,2	Santa Helena de Goiás	85,1
Jataí	110,0	Santo Antônio da Barra	85,4
Maurilândia	82,3	São Simão	76,2
Mineiros	82,6	Serranópolis	78,7

¹Produtividade real. Fonte: IBGE (2015).

Impacto da irrigação na produtividade de colmos da cana-de-açúcar nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis

As simulações da irrigação apresentada na Figura 7 revelam o potencial do uso dessa prática visando incrementar a produtividade e minimizar os riscos climáticos associados. Para áreas com PA da ordem de 50 a 60 $t\ ha^{-1}$, o suprimento de 20% e 50% do DEF durante o ciclo, propiciou incrementos de

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

cerca de 16,5 t ha⁻¹ (30% em relação à PA) e 50 t ha⁻¹ (90% em relação à PA), respectivamente. Na simulação da irrigação plena, os valores foram próximos a PP, no entanto, não foram iguais, pois não houve simulação da irrigação durante o período da maturação. Em condições de campo, é difícil observar irrigação durante todo o ciclo da cultura. Inman-Bamber e Smith (2005) ressaltam que há boa resposta da cultura com irrigação na fase de crescimento da cultura. Assim, a irrigação com déficit, como simulado nas Figuras 7a e 7b, pode ser uma alternativa em áreas com DEF acentuado nas fases iniciais e de crescimento da cultura da cana-de-açúcar.

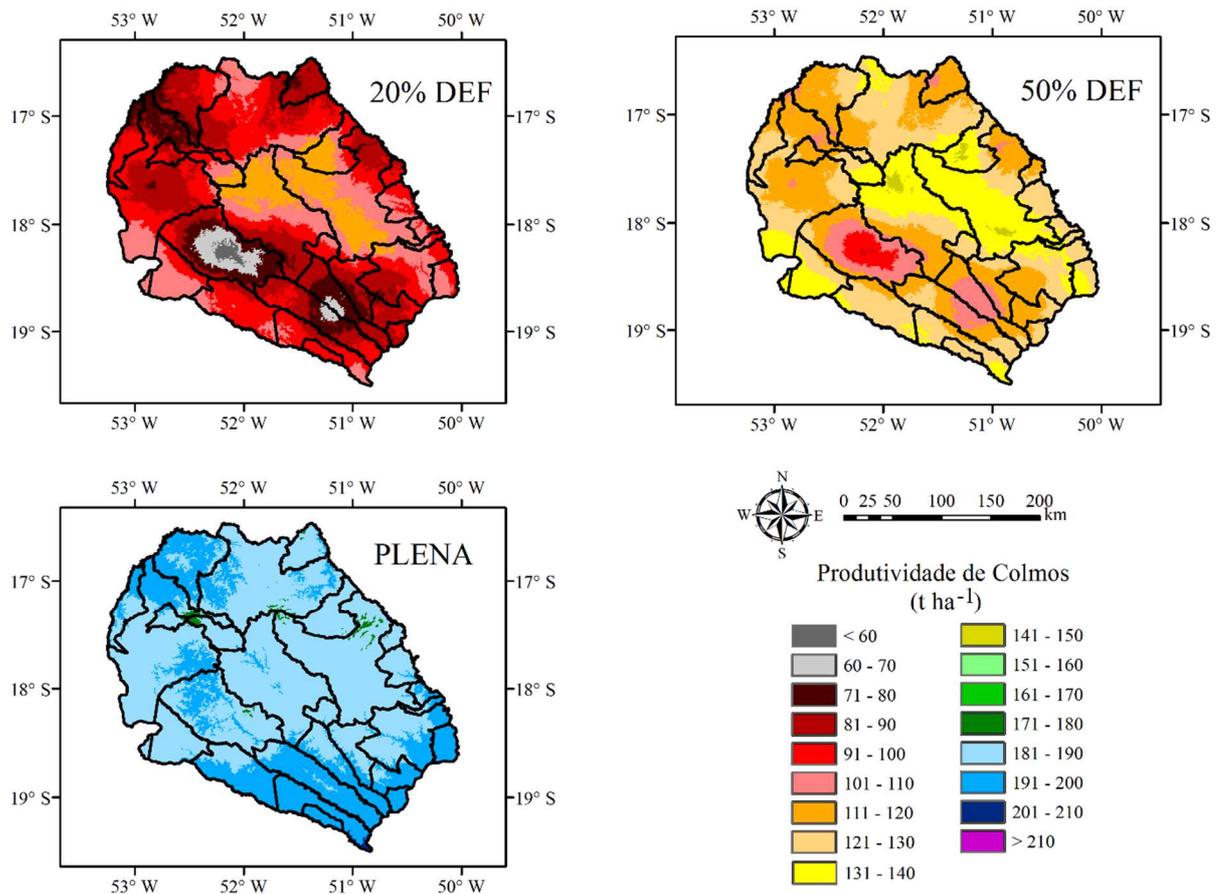


Figura 7. Produtividade (t ha⁻¹) da cultura da cana-de-açúcar com suprimento de 20% do déficit hídrico, 50% do déficit hídrico e irrigação plena nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, GO.

CONCLUSÕES

Embora tenha sido utilizada uma base de dados meteorológicos provenientes de um modelo de assimilação, o modelo agrometeorológico usado apresentou desempenho satisfatório para representar as condições médias de produtividade de colmos da cultura da cana-de-açúcar em áreas de expansão no estado de Goiás.

Nas microrregiões do Sudoeste Goiano e de Quirinópolis, a quebra média de produtividade devido à deficiência hídrica é superior a 50%, sendo relevante o risco climático nessas áreas, indicando que a irrigação deve ser uma alternativa para o incremento e estabilização da produtividade da cana-de-açúcar nessas áreas.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology**: a comprehensive study of the *Saccharum* source-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752 p.

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration** - guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes modelos de estimativa de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CARDOZO, N. P. **Modelagem da maturação da cana-de-açúcar em função de variáveis meteorológicas**. 2012. 205 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CARDOZO, N. P.; SENTELHAS, P. C. Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, p. 449-456, 2013.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response do water**. Rome: FAO, 1979. 179p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço energético nacional, 2014. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf>, Acesso em: 27 de maio de 2015.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. **Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature**. Chicago, Amer. Soc. Agric. Eng. Meeting (Paper 85-2517), 1985.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.92, p.185–202, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 27 de maio de 2015.

MONTEIRO, L. A.; SENTELHAS, P. C. Potential and Actual Sugarcane Yields in Southern Brazil as a Function of Climate Conditions and Crop Management. **Sugar Tech**. v. 14, p.1-13, 2013.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 478 p.

PRADO, H. do. **Pedologia Fácil: aplicações em solos tropicais**. Piracicaba, 4ed., 284 p., 2013.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Rev.** 100:81-92, 1972.

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

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Norwich, v. 2, p. 184-194, 1981.

YAMADA, H. S.; SENTELHAS, P. C. Agro-climatic zoning of *Jatropha curcas* as a subside for crop planning and implementation in Brazil. **Int. J. Biometeorol.** V. 58, p. 1995–2010, 2014.