

BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL E DA CULTURA DA CANA-DE-AÇUCAR NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Data de submissão: 05/10/2023

Data de aceite: 01/12/2023

José Carlos Mendonça

Laboratório de Engenharia Agrícola
/ Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro - UENF,
Campos dos Goytacazes, RJ.
<http://lattes.cnpq.br/0262550173367199>

RESUMO: O clima é o fator que mais influencia na produtividade da cana-de-açúcar. Certas regiões possuem clima ideal sem restrição alguma, ao passo que outras apresentam restrições térmicas e/ou hídricas moderadas, que permitem a produção econômica da cultura sem exigir recursos e técnicas especiais. Entretanto, há aquelas onde há restrições limitantes e somente o cultivo de variedades selecionadas e o emprego de recursos extras podem corrigir as deficiências hídricas ou técnicas, viabilizando economicamente a atividade canavieira. Dessa forma este trabalho tem por objetivo aplicar a metodologia do balanço hídrico climatológico sequencial e da cultura da cana-de-açúcar e avaliar seus efeitos sobre a atividade canavieira na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. A análise do balanço hídrico climatológico sequencial indicou deficiência

hídrica em quase todos os 114 decênios 114 avaliados (38 meses). O BHC utilizando a ETP estimada por Thornthwaite identificou apenas dois decênios com excedente hídrico enquanto que o BHC utilizando a ETP estimada por Hargreves-Samani identificou apenas um excedente hídrico de 35.4 mm ocorrido no primeiro decênio de janeiro de 2012. O balanço hídrico diário do solo indicou que a cultura da cana-de-açúcar sofre deficiência hídrica significativa nas fases fenológicas de estabelecimento, perfilhamento e de desenvolvimento dos colmos de todos os ciclos de cultivo chegando a passar por 55%, 558% e 77% dos dias dessas fases abaixo do limite mínimo de manejo.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação Pluviométrica, Deficit hídrico, balanço hídrico climatológico.

ABSTRACT: Climate is the factor that most influences sugarcane productivity. Certain regions have an ideal climate without any restrictions, while others have moderate thermal and/or water restrictions, which allow economic production of the crop without requiring special resources and techniques. However, there are those where there are limiting restrictions and only the

cultivation of selected varieties and the use of extra resources can correct water or technical deficiencies, making sugarcane farming economically viable. Therefore, this work aims to apply the methodology of sequential climatological water balance and sugarcane cultivation and evaluate its effects on sugarcane activity in the North Fluminense region of the State of Rio de Janeiro. The analysis of the sequential climatological water balance indicated water deficiency in almost all 114 ten-year periods 114 evaluated (38 months). The BHC using the ETP estimated by Thornthwaite identified only two decennia with a water surplus, while the BHC using the ETP estimated by Hargreves-Samani identified only a water surplus of 35.4 mm that occurred in the first decennium of January 2012. The daily soil water balance indicated that the sugarcane crop suffers significant water deficiency in the phenological phases of establishment, tillering and stem development of all cultivation cycles, reaching 55%, 558% and 77% of the days of these phases below the minimum management limit.

KEYWORDS: Rainfall, Water deficit, climatological water balance.

1 | INTRODUÇÃO

O clima é o fator que mais influencia na produtividade da cana-de-açúcar (Ide e Oliveira, 1986; Barbieri, 1993). No Brasil, devido à sua grande extensão territorial, encontram-se as mais variadas condições climáticas para o desenvolvimento da lavoura canavieira. Certas regiões possuem clima ideal sem restrição alguma, ao passo que outras apresentam restrições térmicas e/ou hídricas moderadas, que permitem a produção econômica da cultura sem exigir recursos e técnicas especiais. Entretanto, há aquelas onde há restrições limitantes e somente o cultivo de variedades selecionadas e o emprego de recursos extras podem corrigir as deficiências hídricas ou técnicas, viabilizando economicamente a atividade canavieira.

Alguns autores definem a temperatura do ar como fator de maior importância para a maturação fisiológica da cana, porque, além de afetar a absorção de água e nutrientes por meio do fluxo transpiratório é um condicionante não controlável (Ometto, 1980; Ide e Banchi, 1984; Ide e Oliveira, 1986; Magalhães, 1987; Barbieri, 1993). A cana-de-açúcar desenvolve-se bem em regiões de clima quente. Temperaturas oscilando entre 26 °C e 33 °C são favoráveis durante o estágio de desenvolvimento da cultura. Temperaturas inferiores a 21°C são favoráveis durante o estágio de maturação, pois reduzem a taxa de alongamento dos colmos e promovem o acúmulo de sacarose (Magalhães, 1987).

A umidade do solo é outro fator preponderante e varia em função do tipo de solo, do ciclo da cultura (cana planta ou soca), do estágio de desenvolvimento (ciclo fenológico), das condições climáticas e de outros fatores, como água disponível no solo e variedades cultivadas.

A distribuição da precipitação durante o ano é o fator mais importante para o desenvolvimento da cultura, pois pode haver deficiência hídrica nos diferentes estádios acarretando decréscimos na produtividade e para estudos de perda d'água para atmosfera

em solos vegetados e comportamento de vários elementos meteorológicos, torna-se indispensável o conhecimento do balanço hídrico do solo e suas variações, sendo necessárias medidas de precipitação pluviométrica e evapotranspiração, além de se conhecer as componentes físicas dos solos.

Segundo Sentelhas et al (2007) o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi desenvolvido inicialmente com o objetivo de se caracterizar o clima de uma região, de modo a ser empregado na classificação climática desenvolvida por Thornthwaite na década de 1940. Posteriormente, esse método começou a ser empregado para fins agrônômicos dados à grande inter-relação da agricultura com as condições climáticas. O BHC elaborado com dados médios de precipitação pluviométrica (P) e evapotranspiração potencial (ETP ou ETo) de uma determinada região é denominado de BHC Normal, sendo esse tipo de balanço hídrico um indicador da disponibilidade hídrica de uma determinada região, por meio da variação sazonal das condições do BH ao longo de um ano médio (cíclico) ou seja, dos períodos com deficiências e excedentes hídricos. Essas informações são de cunho climático, e, portanto, auxiliam no planejamento agrícola. Já o BHC elaborado com dados de P e ETP de um período ou de uma sequência de períodos (meses, semanas, dias) de um ou mais anos específicos para uma certa região é denominado de BHC Seqüencial e tem por objetivo fornecer a caracterização sazonal das condições do BH ao longo do período em questão, sendo essas informações de grande relevância para tomadas de decisão no setor agropecuário.

Pereira et al (2002) citam que o balanço hídrico dos cultivos visa ao conhecimento das condições do balanço de água no solo coberto por um tipo de vegetação, considerando-se suas fases de desenvolvimento. Nesta situação, a planta nem sempre cobre totalmente o solo e sua área foliar (superfície transpirante) varia com a idade (dias após o plantio ou emergência).

O Estado do Rio de Janeiro, com cerca de 44 mil quilômetros quadrados, embora se situe na orla litorânea da costa leste do território brasileiro, apresenta diferentes padrões climáticos. Pode-se encontrar um clima de montanha, com temperaturas amenas e altos índices pluviométricos, regiões de vales e baixadas secas e regiões litorâneas com excesso de chuvas, além de outras, como as regiões Norte e Noroeste do Estado, com índices pluviométricos bastante baixos. Pelas classificações climáticas disponíveis (ex. Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro, 1999), parte dessas regiões é classificada como sub-úmida e parte como seca. Entretanto, há indícios de que esteja se verificando um processo visível de diminuição do regime pluviométrico nos últimos anos, com implicações negativas nas atividades dependentes dos recursos hídricos dessas regiões (Marques et al. 2001; Andre, et al 2010).

Mendonça et al (2011) utilizando técnicas de sensoriamento remoto mapeou a variação das áreas ocupadas com o cultivo da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense e concluíram que nos seis principais municípios produtores de cana-de-açúcar localizados

na região Norte Fluminense, ocorreu uma queda na área de plantio, durante os anos-safra de 1984/1985 a 2006/2007, de 43.308,33ha.

Pelo até então exposto, este trabalho tem por objetivo aplicar a metodologia do balanço hídrico climatológico seqüencial e da cultura da cana-de-açúcar e avaliar seus efeitos sobre a atividade canvieira na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo a classificação climática de KOPPEN, a Região Norte Fluminense se insere na classe Aw, isto é, clima tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura do mês mais frio superior a 18°C. Na Figura 1 é apresentada a área de estudo em referência ao Estado do Rio de Janeiro e ao Brasil.

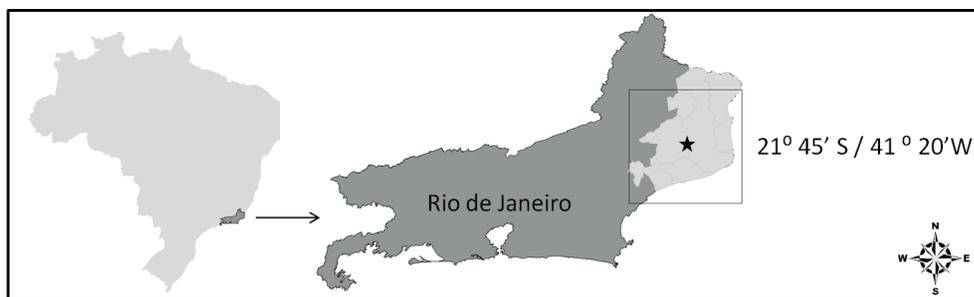


Figura 1: Localização da área de estudo.

Foram elaborados dois balanços hídricos climatológicos seqüencial de forma decenal (10 em 10 dias) utilizando uma planilha eletrônica BHseq V.6.3.2002 elaborada por Rolim et al. (1998) acessada em <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/lce306.html>. Os valores da evapotranspiração de referência (ETP) foram estimados pelas equações propostas por Thornthwaite (1948) (Eq.1) e Hargreaves-Samani (1985) (Eq.2). Os dados meteorológicos diários referente aos anos de 2010, 2011, 2012 e janeiro e fevereiro de 2013 observados em Campos dos Goytacazes, RJ foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e são referentes a Estação Convencional No 83698 – BDMEP-INMET (latitude -21.74; longitude -41.33; altitude 11 m).

$$ETP_{(T)} = 16 * \left(\frac{10 * T_{méd}}{I} \right)^a \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: ETP é a evapotranspiração potencial estimada por Thornthwaite, mm; I é o índice que expressa o calor disponível na região;

$$I = \sum_{n=1}^n (0,2Tméd)^{1,514}$$

E “a”, um expoente função de I, calculado pela função polinomial:

$$a = 6.45 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7.71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1.7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0.49239$$

$$ETP_{(H-S)} = 0.0023 Ra (Tmáx - Tmín)^{0.5} (Tméd + 17.8) \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: ETP é a evapotranspiração potencial estimada por Hargreves e Samani, mm; Ra é a radiação incidente no topo da superfície, mm dia⁻¹; tmáx, Tmin e Tméd são as temperaturas do ar máxima, mínima e média, respectivamente, °C.

O balanço hídrico diário da cultura da cana-de-açúcar foi elaborado para três ambientes característicos da região, respectivamente solos argilosos (Baixada Campista), solos arenosos e solos de tabuleiro. A determinação da Capacidade Real de Água do Solo (CRA, mm) referente a cada tipo de solo foi obtida utilizando as características físicas médias propostas por Bernardes (2005) e apresentados na Tabela 1

Características/Tipo de Solo	Argiloso (Baixada)	Tabuleiro	Arenoso
Capacidade de Campo (%)	40	27	10
Ponto de Murcha Permanente (%)	28	20	6
Densidade Aparente (Mg m ⁻³)	1.2	1.4	1.45
Profundidade efetiva (Z, cm)	60	60	60

Tabela 1. Características físicas médias dos solos representativos do município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Fonte: Bernardes (2005)

Na Tabela 2 são apresentados as fases fenológicas da cultura da cana-de-açúcar e seus respectivos número de dias.

Fases Fenológicas	Nº Dias
Estabelecimento	50
Perfilhamento	60
Desenvolvimento dos colmos	130
Maturação e colheita	125
Total	365

Tabela 2: Fases fenológicas da cultura da cana-de-açúcar (cana-soca).

Para a obtenção da lâmina atual de água no solo utilizou-se o princípio do balanço hídrico segundo a Equação 3:

$$LAA_{atual} = LAA_{anterior} + P - ETR_{anterior} \quad \text{Eq. 3}$$

Em que: LAA_{atual} é a lâmina de água atual no solo, no dia em questão, em mm;

LAA_{anterior} é a lâmina de água atual no solo, no dia anterior, em mm; P é a precipitação,

em mm e ETR é a evapotranspiração real do dia anterior, em mm dia⁻¹ obtido pela Equação 4:

$$ETR = ETP * Kc * Ks \quad \text{Eq. 4}$$

O Kc (coeficiente de cultivo) proposto por Doorembos e Kassan (1994), cujo valor da fase inicial (0.4) foi corrigido pelo método gráfico da FAO (Allen et al, 1998), em função do intervalo de tempo entre os eventos de chuva e a magnitude da ETP, para o valor de 0.8. Os valores do Kc para os estádios intermediários e final foram corrigidos pela Equação 5:

$$Kc = Kc_{\text{Tabelado}} + [0.04 (U_2 - 2) - 0.004 (UR_{\text{mínima}} - 45)] \quad \text{Eq. 5}$$

Em que: Kc é o coeficiente de cultivo, adimensional; Kc_{tabelado} é o Kc da cana-de-açúcar; UR_{min} é a umidade relativa do ar mínima, em %; U₂ é a altura do dossel do canavial, m

Os valores do Kc corrigidos para as fases intermediária e final foram 1.2 e 0.67, respectivamente.

O parâmetro Ks (coeficiente de umidade do solo) foi obtido segundo Bernardo (1995), representado na Equação 6.

$$Ks = \frac{\ln LAA + 1}{\ln CRA + 1} \quad \text{Eq. 6}$$

Em que: LAA é a lâmina atual de água no solo, mm; CRA é a capacidade real de água no solo, mm.

Nos cálculos do balanço hídrico, todas as vezes que a lâmina atual de água no solo apresentou valores acima do limite superior de água no solo (capacidade de campo) a lâmina excedente foi computada como escoamento total.

O limite de manejo de água no solo foi estabelecido de acordo com a profundidade das raízes, que nos primeiros 90 dias de cultivo encontra-se distribuído nos primeiros 30 cm do solo (Casagrande, 1991). Após esse período inicial, a profundidade efetiva considerada foi de 60 cm. Neste trabalho adotou-se ainda o limite de manejo em 35% da CRA.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variação dos elementos meteorológicos

A classificação climática oficial disponível e a distribuição média anual de chuvas para o Estado do Rio de Janeiro pode ser vista na Figura 2. Nota-se que as regiões Norte e Noroeste do território do Rio de Janeiro apresenta-se dividido em duas sub-regiões, uma com clima sub-úmido (3) e outra com clima seco (4), mais ao norte. Essa classificação foi feita com dados médios de longo prazo, mas a se considerar a tendência dos últimos 40 anos, o regime pluviométrico vem diminuindo consideravelmente mesmo na região de clima

sub-úmido, justificando, assim, um estudo acurado para verificar uma possível mudança na linha divisória dessa classificação. Observa-se ainda que, embora haja muita pluviosidade nas regiões serranas e na parte sul, registram-se baixos índices pluviométricos nas regiões Norte, Noroeste e lagos. Pela mesma Figura 3 pode-se verificar ainda que nas regiões mencionadas o índice pluviométrico varia entre 750 mm a 1250 mm anuais. Entretanto, no decorrer do ano a distribuição de chuvas mostra que a maior parte da precipitação ocorre no período que vai de novembro a janeiro.

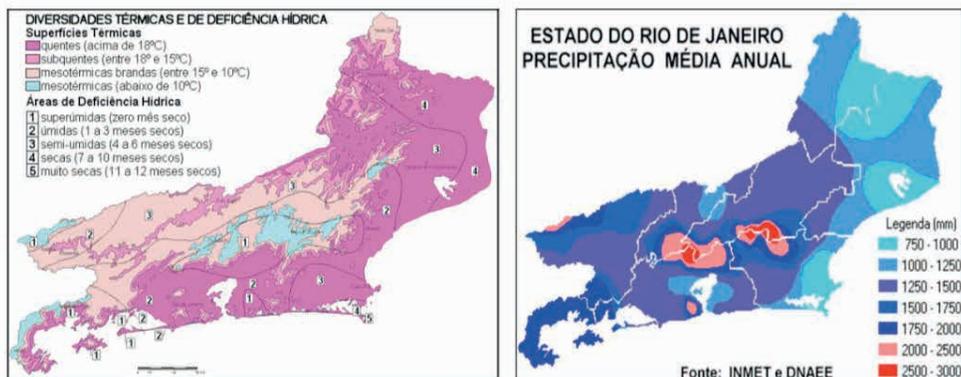


Fig. 2. Superfícies térmicas e distribuição de chuvas anuais no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: Aput Marques, et al (2002)

Marques et al., (1988), usando dados de 1931 a 1975, concluíram que em média, no início da estação chuvosa, mês de outubro, a precipitação é utilizada quase que totalmente para a reposição hídrica. Com as necessidades de água no solo sendo supridas gradualmente, observando-se nos meses subsequentes uma expansão da área com excesso hídrico e atingindo seu máximo em dezembro e que no período de janeiro a março evidencia-se gradual redução das áreas de excedente hídrico no Estado, com lenta diminuição de seus valores absolutos. A redução das áreas de excedente hídrico e a expansão cada vez maior das áreas de deficiência hídrica se faz sentir mais acentuadamente no período abril-setembro, sendo a menor pluviosidade o fator responsável por este comportamento.

Na Figura 3 é apresentado o Extrato do Balanço Hídrico Mensal elaborado com dados das Normais Climatológicas de Campos dos Goytacazes, RJ obtido no Banco de Dados Climáticos do Brasil administrado pela Embrapa - Monitoramento por Satélites e ESALQ.

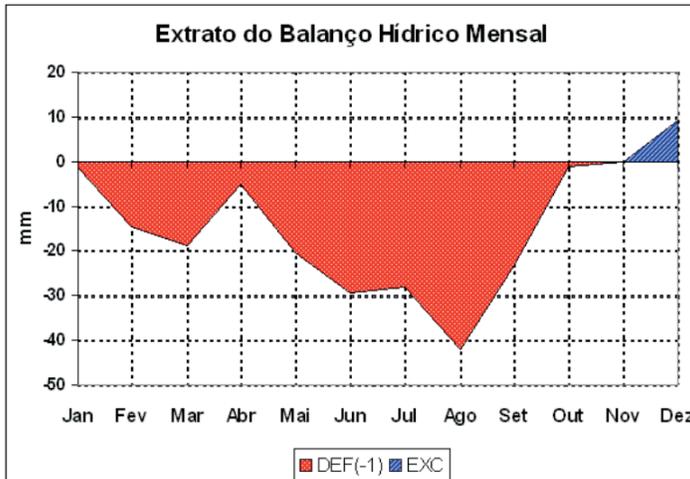


Figura 3: Extrato do Balanço Hídrico Mensal elaborado com dados das Normais Climatológicas de Campos dos Goytacazes, RJ.

Na Figura 3 pode-se observar a deficiência hídrica em quase todos os meses do ano, exceto dezembro. Importante ressaltar que os dados das Normais Climatológicas são referentes ao período de 1990 a 2020.

Na Figura 4 são apresentados os valores médios mensais da precipitação pluviométrica observada em Campos dos Goytacazes, RJ nos anos de 2010, 2011, 2012, janeiro e fevereiro de 2013.

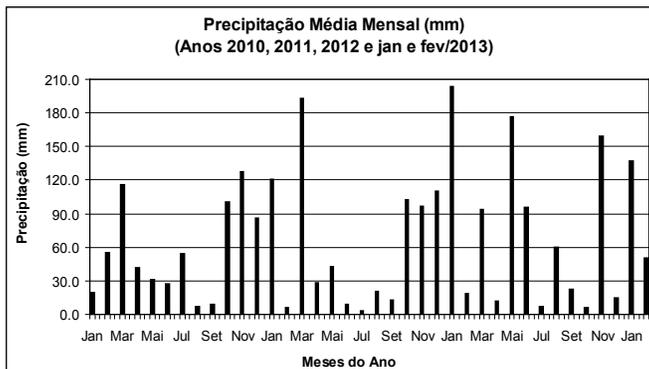


Figura 4: Variação da precipitação pluviometria em Campos dos Goytacazes, RJ. Fonte: INMET

Observando-se Figura 4 pode-se verificar que o trimestre chuvoso (novembro/dezembro/janeiro) não ocorreu no ano de 2012 e o trimestre muito seco (junho/julho/agosto) também não ocorreu em 2012 devido a chuvas acima da NC no mês de julho. Observando-se ainda que dos 38 meses desse estudo, 17 deles (44.7%) apresentaram acumulado mensais abaixo de 30 mm, 6 meses entre 30 e 60 mm (15.8%) e 15 deles (39.5) valores

acima de 60 mm, sendo esses últimos concentrados quase sempre nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro. Observa-se ainda um acumulado mensal acima de 180 mm no mês de março de 2011 e de acumulado maior que 150 mm em maio de 2012. Sendo a normal climatológica (NC) para a precipitação igual a 981,6 mm, observou-se os seguintes totais anuais:: 2010 = 670,5 mm (63,5% da NM); 2011 = 741.5 mm (70,3% da NC); 2012 = 862.5 mm (81.7 % da NC) e nos dois primeiros meses de 2013, 186,4 mm, sendo 139.5 (3.5% maior que a NC) em janeiro e 49.9 em fevereiro (66.1% da NC),

Na Figura 5 são apresentados os valores médios mensais da temperatura média do ar (°C) observada em Campos dos Goytacazes, RJ nos anos de 2010. 2011, 2012, janeiro e fevereiro de 2013.

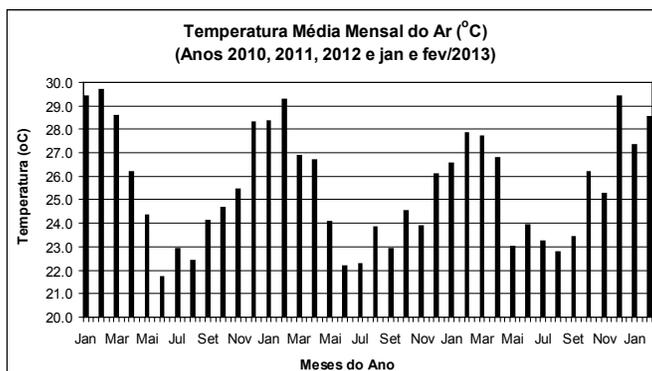


Figura 5: Variação da temperatura média do ar em Campos dos Goytacazes, RJ . Fonte: INMET

Observando a Figura 5 pode-se perceber que a ocorrência de 20 meses (53%) com temperaturas médias acima de 25 °C e ocorrências de médias inferiores somente nos meses de inverno, sendo que o ano de 2012 apresentou um inverno com temperaturas médias mensais bem acima dos anos anteriores (2010 e 2011).

3.2 Variação decenal do balanço hídrico climatológico seqüencial

Na Figura 6 são apresentados os estratos dos balanços hídricos elaborados com as duas metodologias de estimativa de ETP Thornthwaite (A) e Hargreaves-Samani (B), respectivamente Equações 1 e 2.

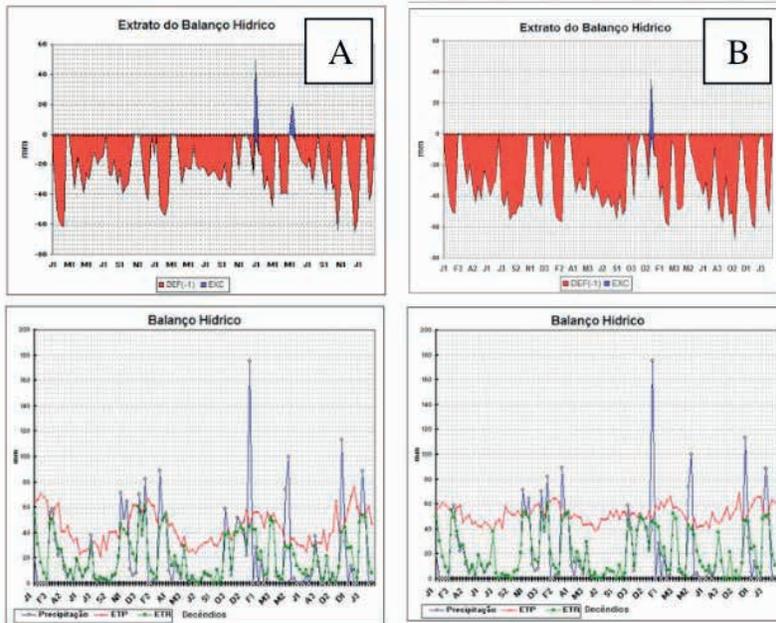


Figura 6: Extrato do balanço hídrico seqüencial para Campos dos Goytacazes, RJ, utilizando a equação de Thornthwaite (1944) para determinação da ETP.

Na Figura 7 são apresentados a variação do armazenamento da água no solo em relação a Capacidade de água (CAD) e a variação da deficiência, do excedente, da retirada e da reposição hídrica do solo ao longo do período de estudo, elaborado com as duas metodologias de estimativa de ETP Thornthwaite (A) e Hargreaves-Samani (B), respectivamente Equações 1 e 2.

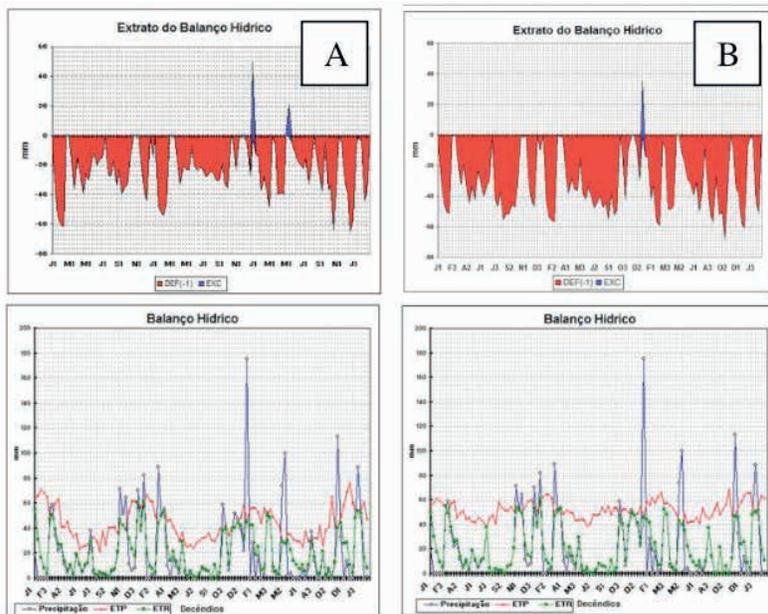


Figura 7 são apresentados a variação do armazenamento da água no solo em relação a Capacidade de água (CAD).

Analisando a Figura 6 pode-se perceber a deficiência hídrica em quase todos os 114 decênios 114 avaliados (38 meses). O BHC utilizando a ETP estimada por Thornthwaite (Eq.1) identificou apenas dois decênios com excedente hídrico, sendo um de 49.1 mm (1^o decênio de janeiro de 2012) e outro de 20.2 mm ocorrido no 2^o decênio de maio, enquanto que o BHC utilizando a ETP estimada por Hargreves-Samani (Eq.2) identificou apenas um excedente hídrico de 35.4 mm ocorrido no primeiro decênio de janeiro de 2012.

Já na Figura 7 percebe-se que a água armazenada no solo esteve bem abaixo da capacidade de armazenamento (CAD) em quase todos os 114 decênios. Chegando a 100% da CAD apenas no primeiro decênio de janeiro de 2012 e no segundo decênio de maio de 2012 (Em A) e nos mesmos períodos em B. Observa-se ainda que a reposição de água no solo é extremamente inferior aos períodos com deficiência.

3.3 Variação do balanço hídrico da cultura da cana-de-açúcar

Na Figura 8 são apresentados os valores do coeficiente de umidade do solo (K_s) diário em relação à precipitação pluviométrica ocorrida no período de 01/10/2010 a 28/02/2013 em três diferentes tipos de solos buscando representar os solos existentes na Baixada Campista (argilosos e arenosos) e nos Tabuleiros Costeiros.

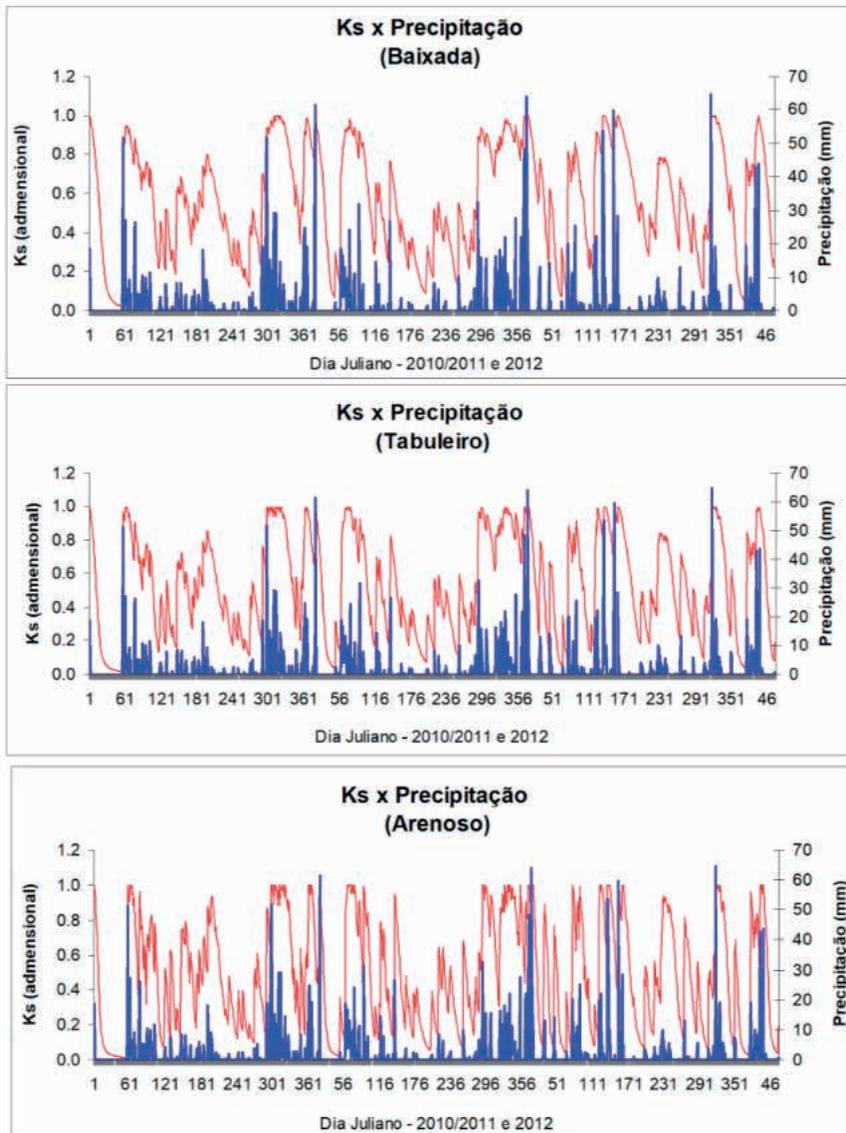


Figura 8: Valores do coeficiente de umidade do solo (Ks) diário em relação à precipitação pluviométrica.

Na Figura 9 são apresentados o balanço diário de água no solo em relação linha da capacidade de campo e a linha de limite do manejo ocorrida no período de 01/10/2010 a 28/02/2013 em três diferentes tipos de solos buscando representar os solos existentes na Baixada Campista (argilosos e arenosos) e nos Tabuleiros Costeiros

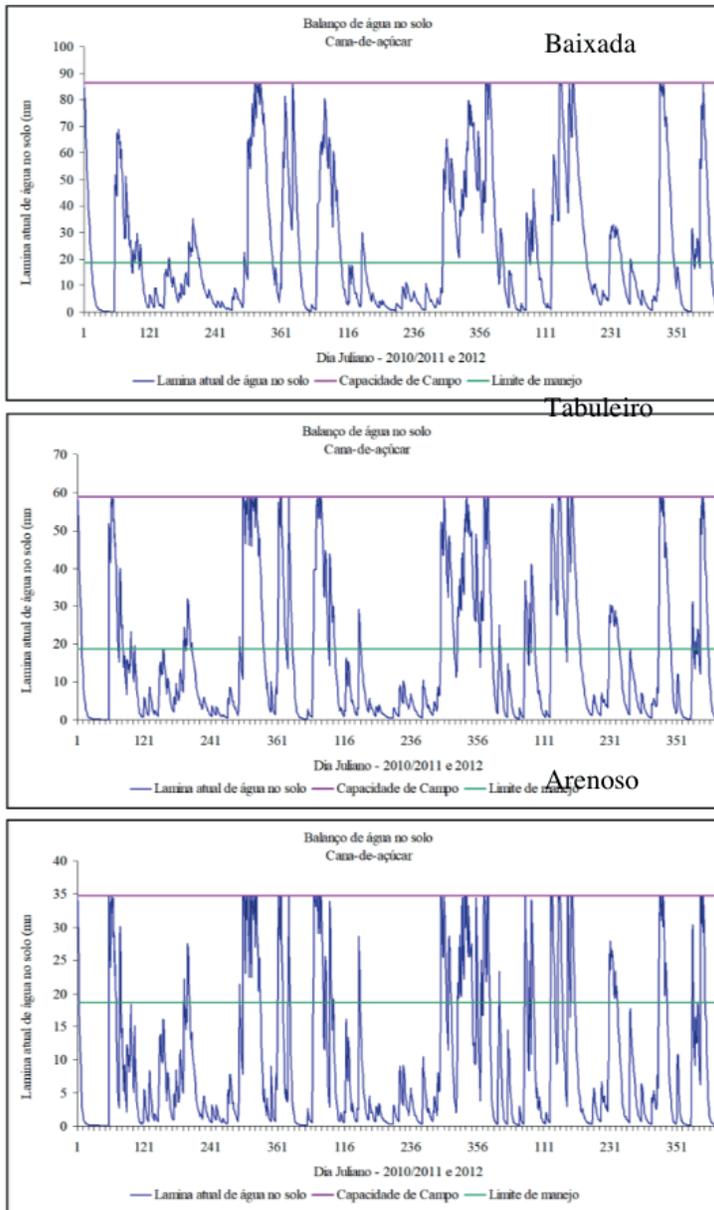


Figura 9: Balanço diário de água no solo em relação linha da capacidade de campo e limite do manejo

Observando a Figuras 8 pode-se perceber uma relação direta entre o coeficiente de umidade do solo (K_s) e a precipitação. O K_s aumenta e diminui em função da ocorrência e da intensidade dos eventos de chuvas. O K_s atinge valores menores nos solos arenosos, explicado pela porosidade e baixa capacidade de retenção de água, enquanto que nos solos argilosos (Baixada) de Tabuleiros a diferença é bem menor. Já na Figura 9 observa-se que a cultura da cana-de-açúcar sofreu déficit hídrico em quase todos os seus três

ciclos, chegando a passar por grandes períodos com a umidade do solo abaixo da linha de manejo.

No período de dias das fases fenológicas de estabelecimento/rebrota, perfilhamento e de desenvolvimento dos colmos, onde a cultura necessita de água para seu pleno desenvolvimento, ocorreram diferentes percentuais de umidade abaixo da linha de manejo. A análise dos dados indicam a ocorrência de 55% de dias abaixo da linha de manejo nessas três fases na safra 2010/2011; 58% na safra 2011/2012 e 77% na safra 2012/2013 o que compromete a produção e a produtividade dos cultivos de cana de sequeiro na região Norte Fluminense.

4 | CONCLUSÕES

A análise do balanço hídrico climatológico seqüencial indicou deficiência hídrica em quase todos os 114 decêndios 114 avaliados (38 meses). O BHC utilizando a ETP estimada por Thornthwaite identificou apenas dois decênios com excedente hídrico enquanto que o BHC utilizando a ETP estimada por Hargreves-Samani identificou apenas um excedente hídrico de 35.4 mm ocorrido no primeiro decênio de janeiro de 2012.

O balanço hídrico diário do solo indicou que a cultura da cana-de-açúcar sofre deficiência hídrica significativa nas fases fenológicas de estabelecimento, perfilhamento e de desenvolvimento dos colmos de todos os ciclos de cultivo chegando a passar por 55%, 558% e 77% dos dias dessas fases abaixo do limite mínimo de manejo.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, R.G.B, MARQUES, V.S., PINHEIRO, F.M., FERRAUDO, A. S. Identificação de regiões homogêneas no estado do Rio de Janeiro utilizando-se valores mensais. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23 n.4, 501-509, 2008.

AZEVEDO H. J., SILVA NETO, R. , CARVALHO, A. M. , VIANA, J. L. , MANSUR, A. F. U. **Uma Análise da Cadeia Produtiva de Cana-de-Açúcar na Região Norte Fluminense**. Observatório Sócio-Econômico da Região Norte Fluminense – Boletim Técnico no 6 – 51 p, 2002.

BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático-fisiológico de estimativa**. 1993. 140p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 1993.

Bernardes, R. S. **CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE TRÊS SOLOS DA REGIÃO NORTE FLUMINENSE**, 2005. 80p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, RJ. 2005.

CASAGRANDE, A.A. 1991. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-se-açúcar. Jaboticabal: FUNEP. 157p.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 01, n. 02, p. 96-99, 1985.

IDE, B. Y.; OLIVEIRA, M. A. DE. Efeito do clima na produção da cana-de-açúcar. In: Seminário de Tecnologia Agrônômica, 3., Piracicaba, 1986. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1986. p.573-583

IDE, B. Y.; BIANCHI, A. D. Influência do clima na produtividade da cana de açúcar In: Seminário de Tecnologia Agrônômica, 2., Piracicaba, 1984. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1984. p. 196-204

IDE, B. Y.; OLIVEIRA, M. A. DE. Efeito do clima na produção da cana-de-açúcar. In: Seminário de Tecnologia Agrônômica, 3., Piracicaba, 1986. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1986. p.573-583

MAGALHÃES, A. C. N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: Castro, P. R. C.; Ferreira, S. O.; Yamada, T. (Ed.). **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: Potafós, 1987. p.113-118.

MARQUES, V.S., ANDRÉ, R.G.B. SUCHAROV, E.C., PINHEIRO, F.M. Possíveis modificações na classificação climática das regiões norte e noroeste do estado do rio de janeiro. Relatório técnico. TECNORTE. 2001, 15 p.

MENDONÇA, José C.; DE FREITAS, Ramon M.; DE AGUIAR, Daniel A.; DE SOUSA, Elias F.; MUNIZ, Rodrigo de A.; ESTEVES, Barbara dos S. Mapeamento das áreas de cana-de-açúcar na Região Norte-Fluminense - RJ por uso de técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p.561-571, maio 2011.

OMETTO, J. C. Parâmetros meteorológicos e a cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: **ESALQ**. 1980. 17p.

PEREIRA A. R.; ANGELOCCI, L. R. SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia – Fundamentos e Aplicações Práticas (2002) Guaíba Agroperuária, 478 p.

PEREIRA, A., R; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C.: Evapotranspiração. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997, 183p.

Rolim, G.S., Sentelhas, P. C., Barbieri, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

SENTELHAS, P.C., et al. Balanços Hídricos Climatológicos do Brasil. ESALQ/USP – Piracicaba – SP, 2000 – CD-ROM.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review, London, n.38, p.55-94, 1948