

EUGÊNIO NUNES TEIXEIRA

**INTERCEPTAÇÃO DE ÁGUA PELO DOSSEL E INFLUÊNCIA DA ÉPOCA
DA IRRIGAÇÃO NA QUALIDADE DA CANA DE AÇÚCAR.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

EUGÊNIO NUNES TEIXEIRA

**INTERCEPTAÇÃO DE ÁGUA PELO DOSSEL E INFLUÊNCIA DA ÉPOCA
DA IRRIGAÇÃO NA QUALIDADE DA CANA DE AÇÚCAR.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 17 de dezembro de 2009.

Prof. Márcio Mota Ramos
(Coorientador)

Prof. Luis César Dias Drumond

Prof. André Luis Teixeira Fernandes

Prof. Rubens Alves de Oliveira

Prof. Everardo Chartuni Mantovani
(Orientador)

Aos meus pais José Geraldo e Eunice

Ofereço

Aos meus avós José Teixeira e Ana Pereira

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e oportunidades concedidas.

Aos meus pais e as minhas irmãs, pela presença constante em meus dias, pela amizade, apoio, conselhos e amor.

A Ana Marina “Pretinha” por sempre me acompanhar nesta longa caminhada e pelo seu amor.

Aos tios, primos e avós por sempre estarem ao meu lado.

As minhas sobrinhas e afilhadas por tanta alegria e descontração.

Ao Professor Everardo Chartuni Mantovani, pela oportunidade, amizade, orientação, ensinamentos, confiança e convivência durante todo período acadêmico.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo e financiamento do projeto.

Ao Dr. Maurício Bernardes Coelho e ao Professor Márcio Mota Ramos, pelas valiosas sugestões e dedicação, fundamentais na realização deste trabalho.

A Sada Bioenergia, e ao Mauro, pela contribuição do local de pesquisa e valiosos conselhos.

Ao grande amigo e parceiro Marcelo Rossi “Chefe” pelos diversos ensinamentos e vários momentos de alegria.

Ao amigo Newton Carneiro, pela compreensão, disposição e inúmeros ensinamentos práticos durante todo trabalho.

Ao amigo Antônio “gato magro” pelo enorme apoio na condução dos experimentos.

Ao amigo Marcelo “Paracatu” por me levar para o GESAI.

Aos amigos João Zonta, Samuel, Anaílton, Breno, Dani e Gustavinho pelas várias horas de estudo.

Aos amigos Jorge, Baixinho e Som pela enorme ajuda na montagem dos experimentos.

À Irriger, em nome de Hermes e Aldo, pelo suporte na Sada Bioenergia.

Aos amigos de república: Rodrigo, Geraldo, Eduardo Goes, Felipe, Evandro, Mauro Lúcio e Hermes.

Aos amigos Francisco, Caio e Darik pela enorme ajuda na fase final deste trabalho.

A todos os amigos e colegas da Universidade Federal de Viçosa.

A todas as pessoas que contribuíram direto ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

BIOGRAFIA

EUGÊNIO NUNES TEIXEIRA, filho de José Geraldo Teixeira da Cunha e Eunice Caixeta Nunes Teixeira, nasceu em 22 de janeiro de 1985 em Patos de Minas, Minas Gerais.

Em março de 2003, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa - MG, onde foi estagiário e bolsista de iniciação científica (Embrapa Café) no GESAI (Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada), diplomando-se em agosto de 2007.

Nessa mesma data, ingressou no Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos, no Departamento de Engenharia Agrícola DEA/UFV, Viçosa - MG, submetendo-se à defesa de dissertação de mestrado em dezembro de 2009.

ÍNDICE

	Páginas
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	4
CAPITULO I - ESTUDO DA INTERCEPTAÇÃO DE ÁGUA PELO DOSSEL DA CANA DE AÇÚCAR	
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4. CONCLUSÕES.....	23
5. REFERÊNCIAS.....	23
CAPITULO II - ÉPOCA DE INTERRUPÇÃO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR	
1. INTRODUÇÃO.....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4. CONCLUSÕES.....	42
5. REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICE A.....	46
APÊNDICE B.....	47

RESUMO

TEIXEIRA, Eugênio Nunes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro, 2009. **Interceptação de água pelo dossel e influência da época da irrigação na qualidade da cana de açúcar.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani, Co-orientadores: Maurício Bernardes Coelho e Márcio Mota Ramos

A cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das culturas de maior importância socioeconômica no Brasil; seus principais derivados são o açúcar e o álcool (hidratado e anidro), imprescindíveis ao mercado mundial; outros produtos, também originados dessa cultura e que devem ser salientados, são a aguardente, o bagaço, que é utilizado principalmente como fonte de energia, a vinhaça, que serve de fertilizante, o plástico e o papel. O uso da irrigação na cana de açúcar redesenhou a distribuição geográfica do seu cultivo no Brasil, incorporando áreas antes não recomendadas para o plantio e transformando-as em novos pólos de desenvolvimento da cultura e das regiões. O presente trabalho teve como objetivo quantificar a interceptação de água pelo dossel da cana de açúcar, para diversas lâminas aplicadas pelo sistema pivô central, em diferentes índices de área foliar e determinar a melhor época para efetuar a interrupção da irrigação na cultura da cana de açúcar com o intuito de melhorar sua qualidade final no processamento, nas condições edafoclimáticas da região norte de Minas Gerais. O experimento foi conduzido no período de junho de 2008 a junho de 2009, em uma fazenda pertencente à usina SADA Bioenergia e Agricultura, localizada na parte empresarial do projeto Jaíba. Nos dois casos utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado na montagem dos experimentos. No estudo de interceptação de lâmina, utilizou-se a variedade RB- 867515, avaliando cinco lâminas aplicadas em três índices de área foliar diferentes. As avaliações sempre ocorreram na metade do raio do pivô central. Através dos resultados obtidos observou-se o quanto é importante considerar-se o volume de água que escorre pelo colmo da planta, pois este foi responsável por 19,92 a 25,4 % da lâmina de água que chega ao solo, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta. A interceptação média encontrada para os índices de área foliar de 1,67, 2,69 e 3,5 m m⁻¹ foi de 14,4,

27,63 e 31,72 % respectivamente. No estudo de melhor época de interrupção da irrigação no final do ciclo da cultura, utilizou-se a variedade SP81-3250, interrompendo a irrigação a 40, 30, 20, 15 e 10 dias antes da colheita. Neste estudo, não houve diferença estatística a 5 % de significância pelo teste de Tukey para os principais parâmetros avaliados, com exceção apenas da umidade entre os tratamentos com 10 e 20 dias sem irrigação antes da colheita.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Eugênio Nunes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2009. **Water interception by the canopy and influence irrigation on the quality of sugarcane.** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani, Co-advisers: Maurício Bernardes Coelho and Márcio Mota Ramos

Sugarcane (*Saccharum officinarum*) is a crop of great economic importance in Brazil. Its main products are sugar and ethanol (hydrated and anhydrous). Indispensable to the world market, other products that are also originated from this crop and should be emphasized are the spirit (cachaça); the bagasse, which is used mainly as an energy source; vinasse, which serves as fertilizer; plastic and paper. The use of irrigation on sugarcane redesigned the geographical distribution of its cultivation in Brazil, incorporating areas that were not used to grow it before and turning them into new growth poles of the crop and the region. This study aimed to quantify the water interception by the sugarcane canopy, for various water depths with central pivot with different leaf area index and to determine the best time to interrupt the irrigation in sugarcane cultivation in order to improve its final processing quality, in the edaphoclimatic conditions of the northern region of Minas Gerais. The experiment was conducted from June of 2008 to June of 2009 in a farm that belongs to Sada Bioenergia and Agricultura, located at the business area of the Jaíba project. In both cases, the experiments were assembled on the randomized design. In the study of water interception, it was used the variety RB-867515, evaluating five different water depths in three different leaf area index. Evaluations always occurred in half radius of the central pivot. The results showed how important it is to consider the volume of water that runs down the stem of the plant, as it accounted for 19.92 to 25.4 % of the water depth that reaches the ground, depending on the stage development of the plant. The interception average found for leaf area index of 1.67, 2.69 and 3.5 m m⁻¹ was 14.4, 27.63 and 31.72 % respectively. In the study of the best irrigation interrupt time at the end of the crop cycle, it was used the variety SP81-3250, interrupting the irrigation with 40, 30, 20, 15 and 10 days before harvest. In this study there was no statistical

difference at 5 % significance level by the Tukey test for the main parameters evaluated, with exception of moisture between the treatments with 10 and 20 days without irrigation before harvest.

INTRODUÇÃO GERAL

A demanda mundial por energia alternativa vem aumentando principalmente por motivos ambientais e econômicos, sendo os biocombustíveis um dos principais produtos com potencial para substituir o petróleo em função de sua futura escassez e dos impactos negativos gerados pela sua utilização, como o aquecimento global.

A cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) é originária da Nova-Guiné, e foi levada para a Ásia, onde era usada principalmente em forma de xarope. No Brasil há indícios de que o cultivo da cana de açúcar seja anterior à época de colonização, mas seu cultivo comercial se estabeleceu durante a colonização portuguesa, tornando o país um grande produtor mundial desde aquela época. Quase metade da produção mundial de cana de açúcar é assegurada atualmente por quatro nações das Américas: Brasil, Cuba, México e EUA (MOZANBANI, 2006).

A cana de açúcar é uma das culturas de grande importância socioeconômica no Brasil. Seus principais derivados são o açúcar e o etanol (hidratado e anidro), imprescindíveis ao mercado mundial. Outros produtos, também originados dessa cultura e que devem ser salientados, são a aguardente, o bagaço, que é utilizado principalmente como fonte de energia, a vinhaça, que serve de fertilizante, o plástico e o papel (SOUZA et al., 1999).

A região Centro-sul, que inclui os Estados da região Sudeste, Sul e Centro-oeste, cuja participação está próxima de 90,0 % do total nacional, indica um aumento de 12,46 % a 16,75 % no volume da cana a ser processada na safra de 2008. Desse total, foi estimado que 42,78 % serão destinados à fabricação de açúcar e 57,22 % à produção de álcool. O desempenho revela que o crescimento da produção ocorre em praticamente todos os Estados, principalmente nos estados vizinhos a São Paulo: Paraná, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul (CONAB, 2008).

A cana de açúcar é uma planta C4 e as altas eficiências fotossintéticas devem-se as altas intensidades luminosas, por isto a planta, geralmente, é tolerante a altas temperaturas, produzindo em regiões com temperatura média de verão de até 47°C, desde que irrigada. Temperaturas mais baixas (menores que 21°C) diminuem o crescimento dos colmos e promovem o acúmulo de sacarose (RODRIGUES, 1995). Com isso pode-se concluir que regiões com altas temperaturas, como o Norte de Minas Gerais, se adotada a prática da irrigação, condicionam um ambiente propício ao cultivo da cana de açúcar.

Existe também a perspectiva de aumento da produção na região Nordeste, principalmente nos estados da Paraíba, Alagoas e Pernambuco, isto devido às condições climáticas favoráveis, introdução de variedades mais produtivas e utilização da irrigação. Nesta região, por apresentar acentuado déficit hídrico, a irrigação é fundamental para o cultivo eficiente e viável da cana de açúcar.

O uso da irrigação na cana de açúcar redesenhou a distribuição geográfica do seu cultivo no Brasil, incorporando áreas antes não recomendadas para o plantio e transformando-as em novos pólos de desenvolvimento da cultura e das regiões.

A irrigação suplementar da cana de açúcar é uma das alternativas tecnológicas que busca o aumento da sua produção em regiões antes marginalizadas pelo déficit hídrico acentuado. No entanto, muitos produtores estão adotando a tecnologia da irrigação sem um planejamento adequado, sem considerar as necessidades hídricas, sem manejar adequadamente a água de irrigação e sem conhecer as peculiaridades fisiológicas da cana irrigada (DANTAS, 2006).

Os benefícios diretos que a irrigação pode proporcionar são a redução do período de crescimento da cana-planta e o aumento da produção. Os benefícios indiretos envolvem a diminuição do custo de renovação do canavial, a logística, o ganho industrial e a eficiência operacional da indústria. O aumento de produção propiciado pela irrigação permite concentrar as

operações em áreas menores e mais próximas da unidade industrial. Com isso há redução nos custos do transporte e no arrendamento de áreas mais distantes (COELHO et al., 2009).

Considerando que água é um recurso cada dia mais escasso e que o custo de energia vem aumentando nos últimos anos, torna-se necessário um bom manejo da irrigação que resulte em economia de energia e água no agronegócio. Outro fator importante é que em algumas regiões, já existe a cobrança pelo uso da água como parte da política nacional de recursos hídricos (SANTILLI, 1997).

A região Norte de Minas Gerais é caracterizada por temperaturas elevadas e chuvas concentradas em uma única época do ano (novembro a março). Trata-se de uma região em plena fase de desenvolvimento agrícola, com novos investimentos no Projeto Jaíba. Esta região possui uma enorme demanda por pesquisa, já que seu clima e solo são bem diferentes das regiões onde a agricultura já está instalada. Uma das principais características dessa região é o alto déficit hídrico vigente ao longo do ano, podendo este ser minimizado com a utilização da irrigação.

A usina Sada Bioenergia tem 2500 ha de canaviais irrigados por 43 pivôs centrais no Projeto Jaíba, no Norte de Minas Gerais. A produtividade média chega a 120 t ha^{-1} , índice bem superior às 85 t ha^{-1} da média do centro-sul. A região dispõe de água captada do Rio São Francisco e distribuída aos lotes pela extensa rede de canais, do perímetro irrigado de Jaíba, Minas Gerais (COELHO et al., 2009).

O modelo atual de pagamento da cana de açúcar nas usinas é de acordo com a qualidade da matéria prima final. Não basta apenas uma boa produção de massa por área, hoje é preciso agregar valores na matéria prima que vai para as usinas. Por isso, torna-se de grande importância conseguir uma cana de açúcar com altos teores de açúcares recuperáveis.

Na cana de açúcar irrigada, é preciso reduzir ao máximo os custos da irrigação na cultura, contribuindo assim com uma redução no consumo de

água, energia e reduzindo seu custo final de produção. Mas para isto, é necessário conhecer todas as variáveis que podem interferir no manejo de água da cultura.

REFERÊNCIAS

COELHO, R. D.; NETO, J, A, L.; CUNHA, A. B.; **Cana irrigada produz mais, mas custo de produção aumenta.** Agriannual 2009. p-240-242, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **1º Levantamento de cana-de-açúcar safra 2008** - Abril/2008. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conabweb/> > Acesso em: 15 de agosto de 08.

DANTAS, J. N.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, A. M.; AZEVEDO, C. A. V.; **Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura,** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.2, p.283–288, 2006.

MOZANBANI, A. E.; **História e morfologia da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S., V. et al. (Org.) Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP. 2006. Cap.I, p.11-18.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar,** Instituto de Biociência, Universidade Estadual Paulista, Botucatu - SP, 1995.

SANTILLI, J. **Aspectos jurídicos da Política nacional de Recursos hídricos-** Janeiro/1997. Disponível em: < http://www.estig.ipbeja.pt/~ac_direito/Santilli.pdf > Acesso em: agosto de 08.

Souza, E. F.; Bernado, S.; Carvalho, J. A. **Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades em Campos dos Goytacazes.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.19, n.1, p.28-12, 1999.

Capítulo 1: ESTUDO DA INTERCEPTAÇÃO DE ÁGUA PELO DOSSEL DA CANA DE AÇÚCAR

INTRODUÇÃO

Atualmente, em várias áreas produtoras de cana de açúcar, a irrigação vem sendo empregada, seja de forma total, parcial, ou apenas de salvamento, com o intuito de melhorar o desenvolvimento da cultura, proporcionando aumento na produtividade, maior longevidade das soqueiras, dentre outros benefícios. Várias pesquisas vêm sendo conduzidas com o objetivo de detectar os benefícios advindos do uso da irrigação.

A cana de açúcar é irrigada pelos três métodos de irrigação: aspersão, localizada e por superfície. Dentre todos, dois sistemas de irrigação vêm se destacando na cultura da cana de açúcar, sendo estes o sistema por pivô central e irrigação por gotejamento sub-superficial.

Uma grande dúvida dos irrigantes que utilizam a aspersão é com a interceptação de lâminas de irrigação pelo dossel da cana. Não se sabe ao certo qual a quantidade final de água que chega ao solo, já que a água interceptada e que deixa de atingir o solo, retorna à atmosfera, por evaporação direta.

A interceptação da água de chuva pela cobertura vegetal tem sido estudada por diversos autores como Lima (1976), Ferreira et. al. (2005), Arcova et. al. (2003) e Alves et. al. (2001), em ecossistemas florestais e culturas perenes de grande porte, mas no caso de irrigação, existem poucos trabalhos.

Na avaliação de interceptação de água pelo dossel de uma cultura, é importante levar em consideração a sua arquitetura foliar característica, assim como seu índice de área foliar nos diferentes estádios de desenvolvimento ao longo do ciclo.

Autores como San José, Medina (1970), Yoon (1971), Machado (1981), Robertson et al. (1999) e Keating et al. (1999), citados por Assis et. al. (2004),

encontraram valores máximos de IAF na cana de açúcar no estágio de maturação de 7,60; 5,00; 3,70; 4,11 e 7,00 m²/m², respectivamente.

A modelagem do índice de área foliar (IAF) é um aspecto importante para representar adequadamente seus valores em todos os estágios de desenvolvimento da cultura, em especial, nos estudos de fluxos de água (BALDHWAR et al., 1986).

As folhas da cana de açúcar são alternadas e opostas, consistindo de uma lâmina e uma bainha que envolve o colmo. O número de folhas verdes é pequeno em plantas jovens e aumenta à medida que o colmo cresce, atingindo um número máximo de 10 a 15 folhas por colmo, dependendo da variedade e condições de crescimento. À medida que novas folhas emergem, as mais velhas e inferiores morrem, secam e caem (HUMBERT, 1968). Vale ressaltar que as bainhas de cada folha, mesmo mortas, ficam aderidas ao colmo da planta, influenciando na interceptação de água.

Steiner et al. (1983) estudaram as perdas e a repartição de água aplicadas por um pivô central sob a cultura do milho e observaram que a capacidade de retenção de água pela cultura pode ser relativamente constante para uma condição de dossel cheio, mas que a percentagem de água armazenada pelo dossel depende da lâmina aplicada em cada irrigação, além das características da variedade, espaçamento de plantas e índice de área foliar.

Steiner et al. (1983) são enfáticos ao afirmar que esta evaporação reduz a transpiração potencial das plantas, não devendo ser considerada perda propriamente dita. Estes autores, trabalhando com milho, estimaram o volume interceptado pela superfície das plantas em 2 a 4 % do volume total bombeado. Já as perdas por evaporação e deriva pelo vento chegaram a atingir até 15 % do volume total, sendo fortemente influenciada pelo déficit de pressão de vapor e pela intensidade e direção do vento.

Considerando o exposto, o objetivo, foi quantificar a interceptação de água pelo dossel da cana de açúcar com diferentes índices de área foliar, irrigada com distintas lâminas aplicadas por um pivô central.

MATERIAL E MÉTODOS

A interceptação foliar é determinada pelo balanço hídrico no dossel vegetal medindo-se alguns componentes do ciclo hidrológico, tais como: lâmina aplicada, lâmina direta e lâmina escoada pelo caule da planta. A lâmina aplicada refere-se ao volume total de água em milímetros aplicado pelo sistema de irrigação ou pela chuva; a lâmina direta é a parcela de água que chega diretamente ao solo sem que haja interferência da planta; e a lâmina escoada pelo caule representa a parte da água aplicada que chega ao solo pelo escoamento ao longo do caule, no caso da cana de açúcar, a água que escorre pelo colmo. A água interceptada, portanto, é determinada pela diferença entre estes componentes.

$$I=LA-LD-LE \quad (1)$$

em que:

I: Interceptação, (mm);

LA: lâmina aplicada, (mm);

LD: lâmina direta, (mm);

LE: lâmina escoada, (mm).

Descrição Da Área Experimental

Para a determinação dos parâmetros necessários ao cálculo da lâmina final que chega ao solo na cultura da cana de açúcar, montou-se um experimento em uma fazenda pertencente ao grupo Sada Bioenergia, localizada no município de Jaíba, Minas Gerais, latitude 15^o20'S e longitude 43^o40'W e 475 m de altitude na parte empresarial do projeto Jaíba, sendo que toda a produção de cana de açúcar é irrigada.

A classe textural do Neossolo Quartzarênico da área experimental foi classificada como franco-arenoso com até 80 % de areia. Trata-se de um solo

com baixa fertilidade natural e pequena capacidade de retenção de água, com valores de capacidade de campo e ponto de murcha permanente de 7,08 % e 3,5 %, respectivamente. A velocidade de infiltração básica é de aproximadamente 20 mm h⁻¹ e a densidade do solo no perfil de 0-60 cm, é de 1550 kg m⁻³.

O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Bw, ou seja, clima quente e seco, com estação chuvosa no verão. A região apresenta índice de pluviosidade próximo a 700 mm ano⁻¹, sendo julho, agosto, setembro e outubro os meses mais secos, enquanto que novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, os meses mais chuvosos. O relevo da região onde se localiza as áreas de produção é plano.

Na Figura 1 estão apresentados os valores diários das temperaturas máximas e mínimas, e das precipitações na região de janeiro a novembro de 2008. A temperatura mínima da região variou de 8,9 a 24,0 °C, enquanto que a temperatura máxima ficou entre 21,2 e 40,6 °C. Foi registrada uma precipitação total de 572 mm.

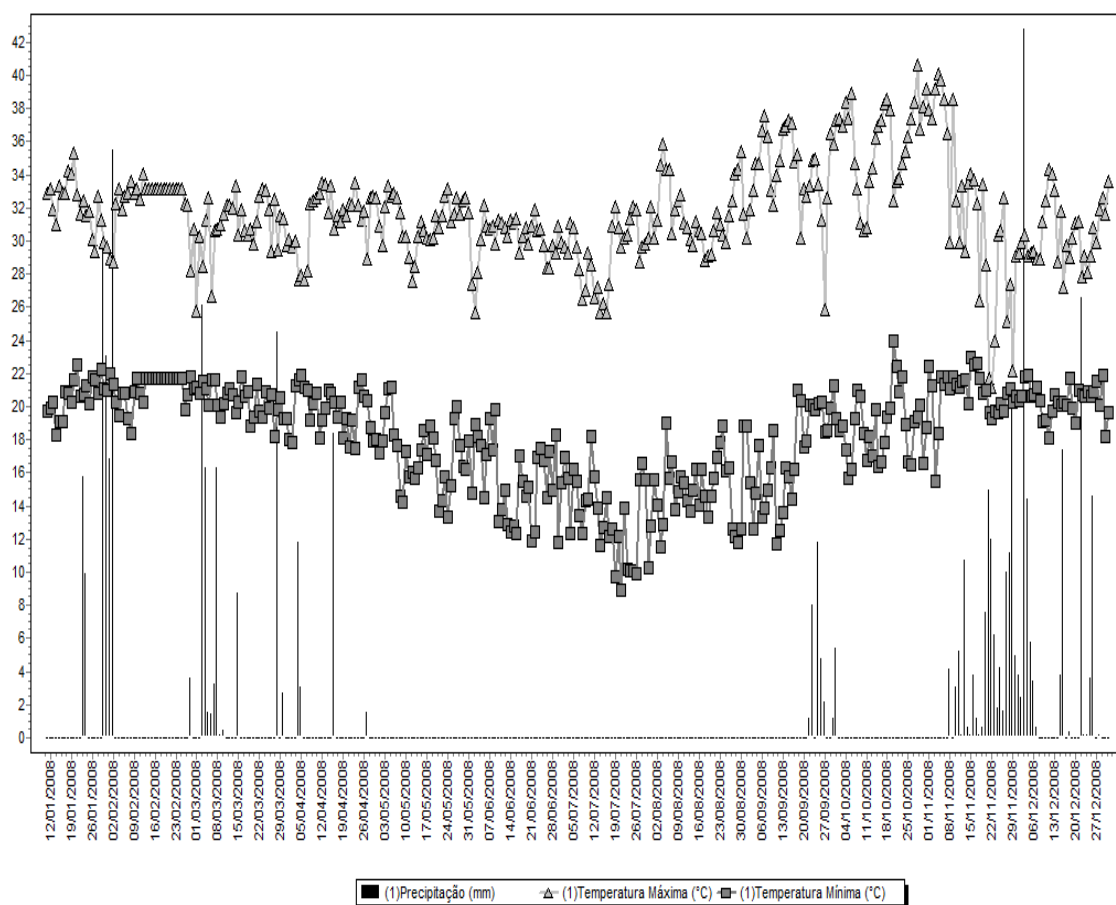


Figura 1- Temperaturas máximas e mínimas e precipitações em 2008.

A variedade de cana de açúcar utilizada no experimento foi a RB-867515, que possui um ciclo médio de 12 meses, sendo dois meses de maturação e um mês de emergência dos perfilhos. Esta variedade possui uma boa adaptação na região norte mineira, sendo responsável pelas maiores produtividades da usina.

A fazenda utiliza um espaçamento de 1,40 m entre as fileiras. Todos os tratamentos culturais na cultura foram realizados pela empresa parceira, seguindo um pacote tecnológico para obtenção de elevadas produtividades. A adubação foi baseada na análise química do solo, sendo aplicado 4 t ha^{-1} de calcário dolomítico três meses antes do plantio, 500 kg ha^{-1} de NPK na fórmula 06-05-24 e 12 kg ha^{-1} de ftebr12 no plantio e adubação de cobertura com 400 kg ha^{-1} de NPK na fórmula 18-06-24.

O manejo da irrigação foi conduzido com auxílio do software *Irriplus*[®], que calcula a evapotranspiração da cultura a partir da evapotranspiração de referência, multiplicando-a por coeficientes de ajuste:

$$ET_c = ETo \times Kc \times Ks \quad (2)$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm;

ETo = Evapotranspiração de referência, mm;

Kc = Coeficiente da cultura, adimensional e

Ks = Coeficiente de estresse hídrico, adimensional.

A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico em que as entradas de água foram as irrigações realizadas e precipitação pluvial efetiva e as saídas a evapotranspiração da cultura (ET_c) e percolação, (MANTOVANI, 2007). A estimativa da ETo pelo software *Irriplus*[®], utiliza os elementos meteorológicos disponíveis (radiação, temperaturas máxima, média e mínima, velocidade do vento e umidade relativa) e a equação de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998).

Para a condução do experimento foram selecionados três pivôs de marca Valley, de 106 ha com vazão média de $300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e velocidade média de 264 m h^{-1} . A escolha dos pivôs foi realizada de forma aleatória baseando apenas no estádio de desenvolvimento da cultura conduzida na área do mesmo.

Na Figura 2 é apresentado o balanço hídrico da cultura durante todo o ciclo, assim como a variação da umidade do solo e as irrigações realizadas.

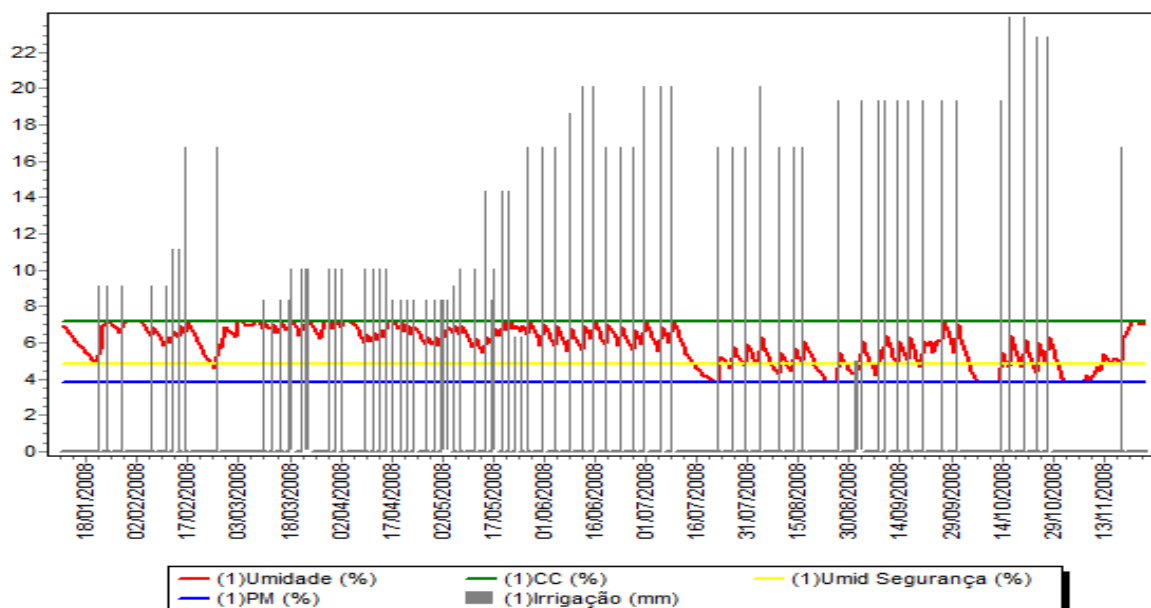


Figura 2: Balanço hídrico durante todo o ciclo da cultura (cana-planta).

Os dados climáticos foram obtidos de uma estação meteorológica completa de marca Davis Vantage Pro2, localizada a dez km da área experimental. Esta estação é equipada com um pluviógrafo e sensores para medir temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, velocidade do vento (a dois metros) e radiação solar global.

Para a coleta da lâmina aplicada pelo pivô no local de avaliação foram instalados quatro pluviógrafos com precisão de 0,3 mm, a 0,4 m do solo numa área sem vegetação, próxima ao carreador do pivô. Os pluviógrafos foram distribuídos de forma a representar adequadamente a área das caixas coletoras, ocupando uma área de um metro quadrado recebendo água do mesmo emissor que as caixas receberiam.

Na coleta da lâmina direta utilizaram-se caixas coletoras quadradas, dispostas entre as linhas da cana ocupando o máximo do espaçamento possível entre as linhas de plantio. As caixas foram confeccionadas com chapa metálica nas laterais, com uma altura de 0,3 m, espessura de aproximadamente cinco mm e comprimento variando de 0,95 m a 1,02 m. O revestimento das caixas foi com laminado de PVC (vinimanta) utilizado em canais e reservatórios.

Na Figura 3, é apresentado o modelo das caixas e sua disposição dentro da área experimental. Todas as caixas recebiam água dos mesmos difusores, posicionadas no meio do raio do pivô. A primeira caixa estava distante 20 m dos pluviógrafos. Para a fixação das caixas entre as linhas de cana, utilizaram-se fitas feitas com a mesma vinimanta, colada nas extremidades das caixas e amarradas em vergalhões fixos no solo, tentando formar um ângulo de 90° entre as laterais e o solo.



Figura 3: Disposição das caixas coletoras entre as linhas de cana de açúcar.

Na Tabela 1, são apresentadas as dimensões de todas as caixas utilizadas em cada tratamento de índice de área foliar (IAF), assim como sua área total.

Tabela 1- Dimensões laterais L1 e L2 (m) e área (m²) de cada caixa instalada nos respectivos tratamentos.

Caixa	IAF (Dias)								
	1,67 (84)			2,69 (200)			3,50 (310)		
	L1	L2	Área	L1	L2	Área	L1	L2	Área
1	0,99	0,99	0,98	1,03	1,05	1,08	1,02	1,02	1,04
2	1,06	0,94	1,00	1,02	1,03	1,05	0,98	0,96	0,94
3	1,04	1,00	1,04	0,98	0,95	0,93	0,97	1,07	1,04
4	0,99	1,00	0,99	0,99	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05

Como reservatório da água coletada nas caixas, utilizou-se um recipiente plástico de 20 litros enterrado debaixo das caixas sendo conectado por um tubo confeccionado com o laminado de PVC, facilitando a coleta do volume de água, sua medição e minimizando as perdas de água por evaporação. Para a medição do volume de água coletado, foi utilizado uma proveta de dois litros com graduação de 0,020 L e auxílio de um funil.

No presente estudo, optou-se por avaliar a lâmina de água escoada, apesar de vários autores afirmarem que este representa uma fração muito pequena da lâmina que chega ao solo: Lima, 1976; Asdak, 1998 e diversos autores citados por Castilho (2000).

Na Figura 4, é apresentado o dispositivo de forma cônica para a coleta da lâmina que escorre pelo colmo, o dispositivo foi montado com o mesmo material de revestimento das caixas, fixado no colmo com uma cola própria, a aproximadamente 0,25 m do solo. Para a vedação da parte inferior do cone que envolve o colmo, utilizou-se uma fita de borracha e fita adesiva para melhor vedação.

Para a medição do volume de água escoada pelo colmo, utilizou-se uma seringa. Para converter o volume em lâmina escoada utilizou-se a área representativa de cada colmo, já que as folhas de duas linhas se encontram nos tratamentos avaliados. Para chegar a área representativa de cada colmo

foi realizado um estudo do número de colmos existente por metro em todos os três tratamentos.



Figura 4: Revestimento do colmo da cana de açúcar utilizado para captar o volume de água escoado.

Na Tabela 2, é apresentado o número médio de colmos por metro e a área representativa dos colmos. Para determinar o número de colmos existentes em cada tratamento, realizou-se a contagem de todos os colmos numa extensão de três metros e em duas linhas de plantio, fazendo-se quatro repetições em cada tratamento.

O índice de área foliar (IAF em $m^2 m^{-2}$) foi determinado utilizando o equipamento LAI-2000 (LI-COR). Realizou-se 20 leituras em dez plantas de cada parcela do experimento, sendo uma de cada lado da linha de plantio na época de avaliação. Ao término das avaliações, foram realizadas quatro

medições na área onde estava instalada cada caixa de coleta, determinando-se o IAF próximo de cada caixa.

Tabela 2- Número médio de colmos em três metros na linha 1 (L1) e linha 2 (L2) de cada avaliação e área útil (m²), para cada tratamento.

Caixa	IAF (Dias)								
	1,67 (84)			2,69 (200)			3,50 (310)		
	L1	L2	Área	L1	L2	Área	L1	L2	Área
1	97	48	0,062	63	68	0,069	29	30	0,153
2	80	87	0,054	66	59	0,072	28	27	0,164
3	105	89	0,046	65	68	0,068	29	30	0,153
4	111	77	0,048	62	63	0,072	20	32	0,173

No período de análises (01/10/2008 a 20/11/2008), utilizamos três pivôs plantados com cana em diferentes estádios de desenvolvimento e conseqüentemente diferentes índices de área foliar.

Calculou-se, para cada caixa, a lâmina coletada em milímetros (LD, lâmina direta) dividindo-se o volume de água coletado (L) pela respectiva área de cada caixa (m²). O volume de água que escorre pelo colmo da planta (LE, lâmina escoada) também foi transformado em milímetros dividindo-o pela área representativa de cada colmo. Subtraindo-se da lâmina aplicada (LA) a lâmina direta (LD) e a lâmina escoada pelo colmo (LE), tem-se a lâmina interceptada em cada irrigação.

Um modelo linear foi usado para caracterizar a lâmina interceptada pela cultura da cana de açúcar, relacionado ao grau de desenvolvimento e estrutura da variedade cultivada.

$$y = ax + b \quad (3)$$

Em que a e b são os coeficientes angular e linear, respectivamente.

Para execução das análises de regressão utilizou-se o programa estatístico "SAEG 9.0", desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentados os valores de lâmina aplicada (LA), lâmina direta (LD), lâmina escoada pelo colmo (LE), lâmina interceptada (I), bem como suas respectivas percentagens em relação à lâmina aplicada, e seus respectivos índices de área foliar.

Os resultados obtidos permitiram observar a importância do escoamento de água que escorre pelo colmo da planta, que foi responsável por 19,92 a 25,4 % da lâmina de água que chega ao solo, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta. Os resultados foram diferentes dos encontrados por outros autores como, Lima, 1976; Asdak, 1998 e diversos autores citados por Castilho (2000), que afirmam não haver necessidade desta medição, uma vez que a quantia representa uma fração muito pequena do total da lâmina precipitada.

O volume de água que atinge o solo através do colmo da planta, além de representar uma parte significativa do total que chega ao solo ainda é direcionado para a região de maior concentração de raízes da planta. O problema é que esta é uma medição complexa e morosa, podendo originar erros experimentais.

Ao analisar apenas a lâmina direta, obtiveram-se valores variando de 45,87 a 60,21 % do total aplicado. Os resultados estão muito próximos dos resultados encontrados por Castilho (2000), que avaliou a interceptação de chuvas pelo dossel da cana e encontrou um valor próximo de 60 % da lâmina aplicada.

Tabela 3- Valores de lâmina aplicada (LA), lâmina direta (LD), lâmina escoada (LE) e Interceptação (I) em milímetros e porcentagem.

IAF	Dias	LA (mm)	LD (mm)	LE (mm)	I (mm)	I (%)	LE (%)	LD (%)
		9,05	5,78	2,17	1,10	12,16	27,35	60,49
		21,98	16,46	2,33	3,19	14,51	12,38	73,10
1,67	84	5,45	2,87	1,67	0,92	16,79	36,71	46,50
		12,78	8,94	2,16	1,68	13,12	19,50	67,38
		7,45	4,35	1,94	1,16	15,57	30,85	53,58
Média		---	---	---	1,61	14,43	25,36	60,21
		6,45	3,01	0,66	2,79	43,20	17,91	38,88
		9,3	6,55	0,85	1,90	20,44	11,47	68,09
2,69	200	3,7	1,94	0,66	1,11	29,91	25,30	44,79
		13,33	7,39	2,30	3,63	27,24	23,73	49,03
		8,28	5,39	1,45	1,44	17,36	21,18	61,46
Média		---	---	---	2,72	27,63	19,92	52,45
		12,87	5,96	1,05	5,85	45,48	15,00	39,52
		10,52	6,76	1,00	2,75	26,18	12,97	60,85
3,50	310	13,77	6,86	2,29	4,60	33,45	25,09	41,47
		7,4	3,70	1,38	2,31	31,22	27,15	41,62
		8,15	4,3183	2,01	1,81	22,27	31,83	45,90
Média		---	---	---	4,34	31,72	22,41	45,87

Alves et al. (2001), estudando a influência do índice de área foliar na cultura do milho, observaram que o aumento do IAF promove um aumento no escoamento de água pelo colmo, resultado este diferente do encontrado na cana de açúcar. A grande diferença entre as duas culturas é que no milho o estande de plantas não muda no decorrer do ciclo, sendo a área útil de cada planta constante, já na cana de açúcar ocorre a morte de perfilhos no decorrer do ciclo da cultura devido a competição, aumentando assim a área que é representada por cada colmo. No presente trabalho, a área representativa aumentou em 40 % do primeiro para o segundo estágio avaliado, e depois 128 % do segundo para o terceiro estágio.

Através dos resultados obtidos pode-se perceber que a interceptação em dosséis com diferentes índices de área foliar teve um comportamento linear positivo com o índice de área foliar, como esperado.

Por outro lado era esperado que a aplicação de lâminas maiores originasse uma menor percentagem de água interceptada, com relação ao aplicado, mas isto não ocorreu em nenhum tratamento. O que aconteceu foi uma variação próxima da média entre todas as lâminas aplicadas. Uma explicação para isto é que nem toda água aplicada necessariamente atinge as folhas da planta, uma parte cai diretamente no solo, sendo isto o responsável pela grande variação dos resultados encontrados nas diferentes avaliações. É interessante do ponto de vista prático, que lâminas maiores resultem numa interceptação menor, assim pode-se trabalhar com um turno de rega maior, diminuindo as perdas. Vale lembrar que a variação de lâminas estudadas foi de acordo com o que o sistema de irrigação era capaz de aplicar. No caso de chuvas o resultado pode ser diferente, já que podem ocorrer chuvas de grandes intensidades.

Com as medidas de índice de área foliar (IAF) realizadas nos locais de instalação de cada caixa, foi calculado um IAF médio próximo a cada caixa coletora como apresentado na Tabela 4. Com estes valores, juntamente com outras avaliações, determinou-se o índice de área foliar médio das canas em cada pivô no período das avaliações.

Tabela 4- Índice de área foliar médio (IAF) em torno de cada caixa instalada nos diferentes tratamentos.

Caixas	IAF (Dias)		
	1,67 (84)	2,69 (200)	3,50 (310)
I	2,08	2,32	2,99
II	2,40	2,55	3,21
III	2,27	2,69	3,53
IV	2,55	3,11	3,48

Os valores medidos de IAF foram menores que os obtidos por San José, Medina (1970), Yoon (1971), Robertson et al. (1999) e Keating et al. (1999), citados por Assis et al. (2004), que encontraram valores máximos de IAF na cana de açúcar de 7,60; 5,00; 4,11 e 7,00 m² m⁻², respectivamente. Já Machado (1981), também citado por Assis et al. (2004) encontrou um valor máximo de 3,70, aproximando muito dos resultados apresentados no presente trabalho.

Na Figura 5, é apresentada a relação de IAF com a lâmina direta coletada nas diferentes caixas de todos os tratamentos. O índice de área foliar e a lâmina direta apresentaram uma relação inversa entre ambos, já que à medida que se aumenta o índice de área foliar diminui a lâmina direta que chega ao solo. Mas nem sempre isto aconteceu, já que em algumas caixas ocorreu uma maior variação entre os resultados coletados.

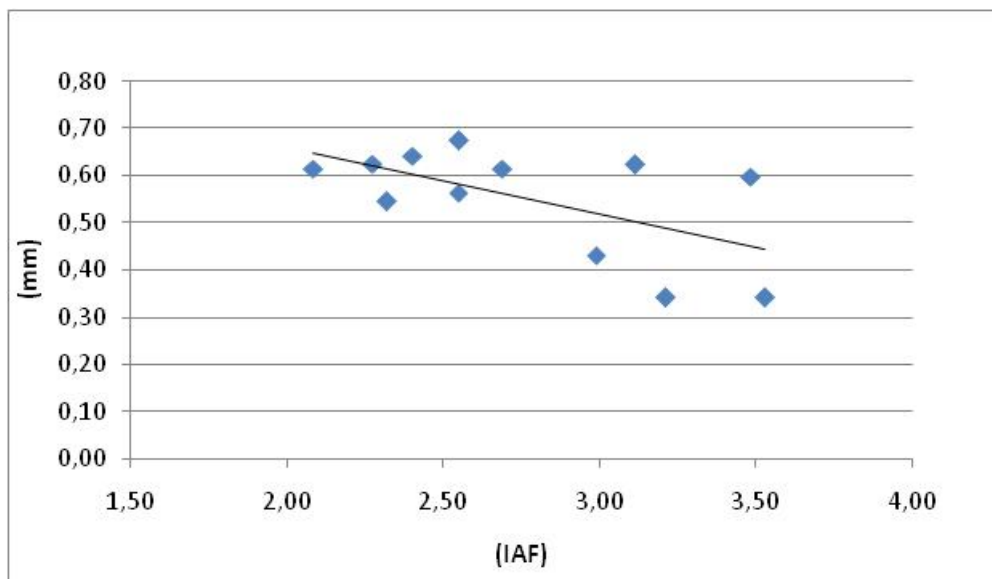
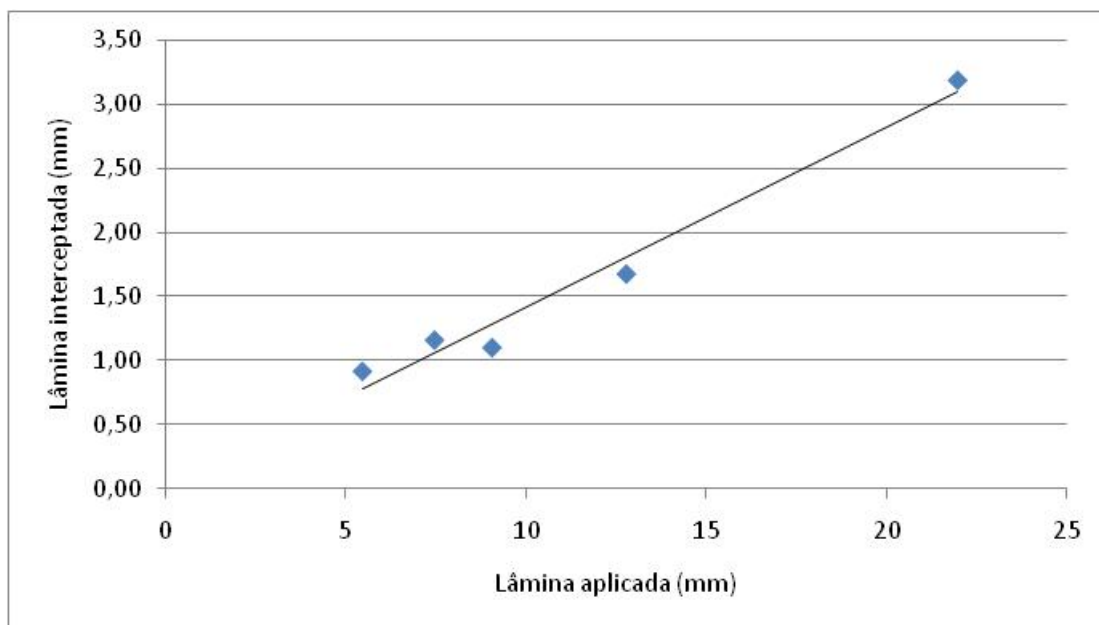


Figura 5: Valores de lâmina direta com relação à diferentes Índices de área foliar.

Para estabelecer um modelo estatístico que caracteriza a interceptação de água pelo dossel da cana de açúcar, foram ajustadas por regressão, equações lineares que correlacionam precipitação incidente com a lâmina interceptada em cada IAF. Na Figura 6, apresenta-se o modelo encontrado para o IAF 1,67. Os gráficos dos outros dois tratamentos se encontram no apêndice A.



Fi

gura 6: Relação entre a lâmina aplicada e lâmina interceptada ocorrida num IAF 1,67, com plantas a 84 dias após a sua germinação.

Na Tabela 5 apresentam-se as equações, coeficientes angulares (a), lineares (b) e de determinação (R^2) para cada IAF, e também para o conjunto de IAF, relacionando a interceptação em função da lâmina total aplicada.

Tabela 5- Equação de ajuste para a relação lâmina aplicada (L_a) e interceptação total (I) para cada IAF avaliado, e para o conjunto de IAF.

IAF	Dias	FASE	Equação	R^2	Interceptação (%)
1,67	84	II	$I=0,141L_a+0,014$	0,974	14,43
2,69	200	III	$I=0,213L_a+0,42$	0,544	27,63
3,50	310	IV	$I=0,535L_a-2,176$	0,78	31,72
Total		-	$I=0,112L_a-0,058$	0,911	---

Na Tabela 6 apresentam-se as equações, coeficientes angulares e (a), lineares (b) e de determinação (R^2) para cada IAF, para determinação da lâmina direta em função da lâmina aplicada.

Tabela 6- Equação de ajuste para a relação lâmina aplicada em (La) e lâmina direta (Ld) para cada IAF.

IAF	Dias	FASE	Equação	R²	Ld (%)
1,67	84	II	$Ld=1,701+0,827La$	0,87	60,21
2,69	200	III	$Ld=-0,2+0,616La$	0,97	52,45
3,50	310	IV	$Ld=0,854+0,443La$	0,77	45,87

Na Tabela 7 são apresentadas as equações de ajuste para a relação entre lâmina aplicada e lâmina escoada no colmo, exceto para o IAF de 3,50, pois o ajuste da equação não foi representativo para tal situação.

Tabela 7- Equação de ajuste para a relação lâmina aplicada (La) e lâmina escoada (Le) para cada IAF.

IAF	Dias	FASE	Equação	R²	Le (%)
1,67	84	II	$Le=1,687+0,033La$	0,90	25,36
2,69	200	III	$Le=-0,22+0,171La$	0,61	19,92

O modelo linear ajustou a todas variações ocorridas nos parâmetros avaliados de acordo com a lâmina aplicada, com exceção apenas para lâmina aplicada e escoada pelo colmo no tratamento com IAF de 3,50.

Castilho (2000), avaliando interceptação de chuvas pelo dossel da cana, também chegou a conclusão que o modelo estatístico que melhor representa a situação é o linear.

Vale ressaltar que não se pode afirmar que toda água interceptada é realmente perda, pois é preciso avaliar qual percentagem desta água entra no balanço hídrico, mas trata-se de um estudo complexo de ser realizado, principalmente pelo local onde esta água fica armazenada, que é na bainha das folhas.

CONCLUSÃO

A interceptação de água pelo dossel da cana de açúcar variou de 14 a 32 % da lâmina aplicada, dependendo do índice de área foliar da cultura.

O escoamento de água pelo colmo da planta representou de 19 a 25 % do total aplicado.

O modelo linear é simples, mas explicou bem as diversas situações encontradas em campo, com exceção apenas da relação entre lâmina aplicada e escoada pelo colmo para o índice de área foliar de 3,5.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. FAO – Irrigation and Drainage. Rome: FAO, 1998. 319 p. (Paper 56).

ALVES, D. R. B. Repartição da lâmina de irrigação, aplicada via pivô central, na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB v.5, n.1, p.67-70, 2001.

ARCOVA, F. C. S., CICCIO, V., ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em cunha . São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa MG, v.27, n.2, p.257-262, 2003.

ASDAK, C., JARVIS, P. G., VAN GARDINGEN, P. Rainfall interception loss in: Unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. **Journal of Hydrology**, v. 206, p.237 – 244, 1998.

ASSIS, P. C. O. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande – PB, v.4, n.2, 2004.

BALDHWAR G.D., MCDONALD R.B., MEHTA N.C. Satellite derived leaf area index and vegetation maps as input to global cycle models. A hierarchical approach. **Journal Remote Sensing**, v.7, p.265-281, 1986.

CASTILHO, C. P. G. **Interceptação de chuvas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum*, ssp)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 274p., 2000.

HUMBERT, R.P. **The growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779p.

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G.; Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na amazônia central, **Acta Amazonica**, Vol. 35, n 1, p. 55-62, 2005.

LIMA, W. P. **Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e de pinheiro**, IPEF, Piracicaba-SP, n.13, p.75-90, 1976.

MANTOVANI, E, C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação - Princípios e Métodos**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 358p.

RIBEIRO JUNIOR, J. I. **Análise estatística no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

STEINER, J.L.; KANEMASU, E.T.; CLARK, R.N. Spray losses and partitioning of water under a center pivot sprinkler system. **Transactions of the ASAE, St Joseph**, v.26, n.4, p.1128-1134, 1983.

CAPÍTULO 2: ÉPOCA DE INTERRUPÇÃO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR

INTRODUÇÃO

A cana de açúcar é a principal matéria-prima empregada na indústria mundial de açúcar. A beterraba, menos competitiva, restringe-se ao mercado doméstico dos países de clima desfavorável ao cultivo da gramínea. A cana é também a matéria-prima mais competitiva na indústria mundial de etanol por via fermentativa, ficando o milho na segunda posição (COSTA, et al, 2008).

No Brasil, estima-se para a safra 2008/2009, uma área total da ordem de 8,9 milhões de hectares de cana de açúcar, dos quais sete milhões se destinam a produção de açúcar e álcool (CONAB, 2008), sendo que o aumento na produção de cana de açúcar não passa apenas pela expansão de áreas plantadas, mas também com o incremento de novas tecnologias que trazem aumento de produtividade e maior eficiência na utilização de diferentes recursos. Destas tecnologias, destacam-se novas variedades melhoradas, o uso da irrigação, melhoria na eficiência do transporte, colheita e beneficiamento da matéria-prima, dentre outros.

A ocorrência de fatores limitantes para o desenvolvimento da cana de açúcar pode resultar em prejuízos para a qualidade, com reflexos diretos e indiretos sobre o processamento industrial dos colmos. Kunert (2000) define este fator limitante como estresse, caracterizando-o como o resultante de condições subótimas, incluindo as de clima, limitações de nutrientes, competição biológica e seus danos, além da influência do homem. Neste contexto, verifica-se que a composição química da cana de açúcar entregue para o processamento industrial é dependente de diversas etapas tais como: condições climáticas; propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; tipo de cultivo; variedades empregadas e idade do colmo; estado sanitário da cultura; estágio de maturação, além do sistema de colheita/carregamento e transporte dos colmos.

A cana de açúcar destaca-se entre as espécies vegetais pela sua alta eficiência fotossintética e armazenamento de sacarose. Segundo Mutton (2008), o processo de maturação da cana de açúcar envolve um sistema metabólico complexo que se inicia com a fotossíntese e define-se através do balanço entre os teores de fotoassimilados produzidos (fonte) e consumidos nos drenos metabólicos (respiração/crescimento). Fisiologicamente, ela é alcançada quando os colmos atingem seu potencial de armazenamento de sacarose, ou seja, o ponto de máximo acúmulo de açúcar possível. Do ponto de vista agroindustrial, refere-se ao estágio de desenvolvimento em que a cultura apresenta maximizada a sua produtividade quali-quantitativa de açúcares e o seu resultado econômico.

O amadurecimento dos colmos poderá ser natural ou induzido por processos que resultem em restrição da velocidade de crescimento das plantas, através de estresses de natureza física, química ou biológica. O controle da produção e armazenamento da sacarose na planta envolve a ação de fitormônios e de diversas reações dependentes de enzimas, cofatores, catalisadores orgânicos, dentre outros, que são influenciados por produtos químicos denominados de maturadores. Muitos desses produtos afetam a partição dos fotoassimilados, devido sua ação direta ou indireta sobre os níveis de fitormônios e a atividade de diversas enzimas, especialmente as invertases. Assim, uma alteração na taxa de aproveitamento dos carboidratos produzidos poderá levar a planta, num determinado período de sua fase, a antecipar o acúmulo dos mesmos (MAGALHÃES, 1987).

Durante o ciclo, a cana de açúcar apresenta dois períodos bem distintos em relação ao teor de sacarose: o primeiro é marcado pelo intenso crescimento vegetativo, e acúmulo gradual de sacarose; no segundo ocorre o acúmulo de sacarose devido principalmente à queda de temperatura e a disponibilidade de água no solo (MAGALHÃES, 1987).

De maneira geral, o crescimento da cana ocorre no período com disponibilidade hídrica e temperatura elevada. Nessa fase, não ocorre acúmulo expressivo de sacarose nos colmos. Quando cessa o crescimento, o teor de

açúcar começa a elevar-se. A partir daí, a planta requer solo seco e baixa temperatura, de preferência em torno de 20°C. Se plantada em solos permanentemente úmidos, a cana não acumula açúcar (MAIA, 2006).

A cana de açúcar, devido ao seu ciclo perene, sofre a influência das variações climáticas durante todo o ano. Para atingir alta produção de sacarose, a planta precisa de temperatura e umidade adequadas para permitir o máximo crescimento na fase vegetativa, seguida de restrição hídrica ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na época do corte. A cana de açúcar encontra suas melhores condições quando ocorre um período quente e úmido, com intensa radiação solar durante a fase de crescimento, seguida de um período seco durante as fases de maturação e colheita. No Brasil, em função da sua extensão territorial, existem as mais variadas condições climáticas e, possivelmente, é o único país com duas épocas de colheita anuais; de setembro a abril no Norte e Nordeste e de maio a dezembro no Centro-Sul, correspondendo a épocas secas nessas regiões (ALFONSI et al., 1987).

Embora tenha sido implantado na Austrália há mais de um século, o pagamento da cana de açúcar pela qualidade foi introduzido no Brasil somente em 1978 no estado de Alagoas e até meados da década de 1980 nos principais estados produtores de cana (COSTA, 2001).

A intervenção estatal no setor sucroalcooleiro se fez presente até o início da década de 1990, com a desregulamentação do setor (BARROS; MORAES, 2002). Com a liberação dos preços da cana pelo governo federal, os produtores de cana e indústrias de São Paulo constituíram um grupo técnico denominado Consecana, um conselho formado por representantes de fornecedores de cana e de industriais para desenvolver uma nova sistemática de pagamento de cana (CONSECANA, 2006). Criou-se então, em 1998, o pagamento de cana pelos açúcares totais recuperáveis – ATR1(VIAN; QUINTINO, 2007).

Para qualquer cultura agrícola, a água é fator limitante quando se busca extrair da cultura todo seu potencial produtivo. Em todas as pesquisas envolvendo culturas de sequeiro e irrigado, as conclusões são unânimes em afirmar o incremento de produção da cultura irrigada em relação à cultura sem irrigação (DALRI, 2008).

Apesar da extrema importância econômica e social da cana de açúcar, pesquisas envolvendo irrigação e a cultura não são comuns no Brasil. Isto pode ser explicado pelo fato de que em áreas tradicionais como o estado de São Paulo, não é comum o uso da irrigação na cana de açúcar.

A interrupção da irrigação no final do ciclo visa o acúmulo de açúcares no colmo, melhorando assim a produtividade final da cana de açúcar, já que os açúcares que permanecem na folhagem não podem ser extraídos no processo final, representando mais uma perda de produção (SEGATO et al. 2006).

Considerando o exposto, o presente trabalho tem o objetivo de determinar a melhor época para efetuar a interrupção da irrigação na cultura da cana de açúcar visando a melhoria da qualidade final no processamento, nas condições edafoclimáticas da região Norte de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 24 de junho de 2008 a junho de 2009, em uma fazenda pertencente a usina Sada Bioenergia e Agricultura, localizada na latitude 15020'S e longitude 43040'W e 475 m de altitude na parte empresarial do projeto Jaíba.

Utilizou-se no experimento, a variedade SP81-3250 na sua primeira soca com ciclo médio de 12 meses, sendo esta plantada em dezembro de 2006. Trata-se de uma variedade com maturação média, sem restrição na brotação da soca, bom fechamento entre linhas e com uma resposta variável à aplicação de reguladores de maturação (MARIN, 2007).

A classe textural do Neossolo Quartzarênico da área experimental foi classificada como franco-arenoso com até 80 % de areia. Trata-se de um solo com baixa fertilidade natural e pequena capacidade de retenção de água, com valores de capacidade de campo e ponto de murcha permanente de 7,08 % e 3,5 %, respectivamente. A velocidade de infiltração básica é de aproximadamente 20 mm h⁻¹ e a densidade do solo no perfil de 0-60 cm, é de 1550 kg m⁻³.

A fazenda utiliza um espaçamento de 1,40 m entre as fileiras. Todos os tratos culturais na cultura foram realizados pela empresa parceira, seguindo um pacote tecnológico para obtenção de elevadas produtividades. A adubação foi baseada na análise química do solo, sendo aplicados quatro t ha⁻¹ de calcário dolomítico três meses antes do plantio, 500 kg ha⁻¹ de NPK na fórmula 06-05-24 e 12 kg ha⁻¹ de ftebr12 no plantio e adubação de cobertura com 400 kg ha⁻¹ de NPK na fórmula 18-06-24.

Durante todo o ciclo da primeira cana soca ocorreu uma precipitação total de 714 mm concentrada no período entre outubro de 2008 a abril de 2009, e foi aplicado, dependendo do tratamento, 1063 a 1119 mm de irrigação complementares a precipitação durante o ciclo da cultura.

Na Figura 1 apresentam-se os valores das temperaturas máximas e mínimas e as precipitações na região, durante todo o ciclo da cultura. A temperatura mínima da região variou de 8,9 a 30,4 °C, enquanto que a temperatura máxima ficou entre 19,3 e 40,6 °C.

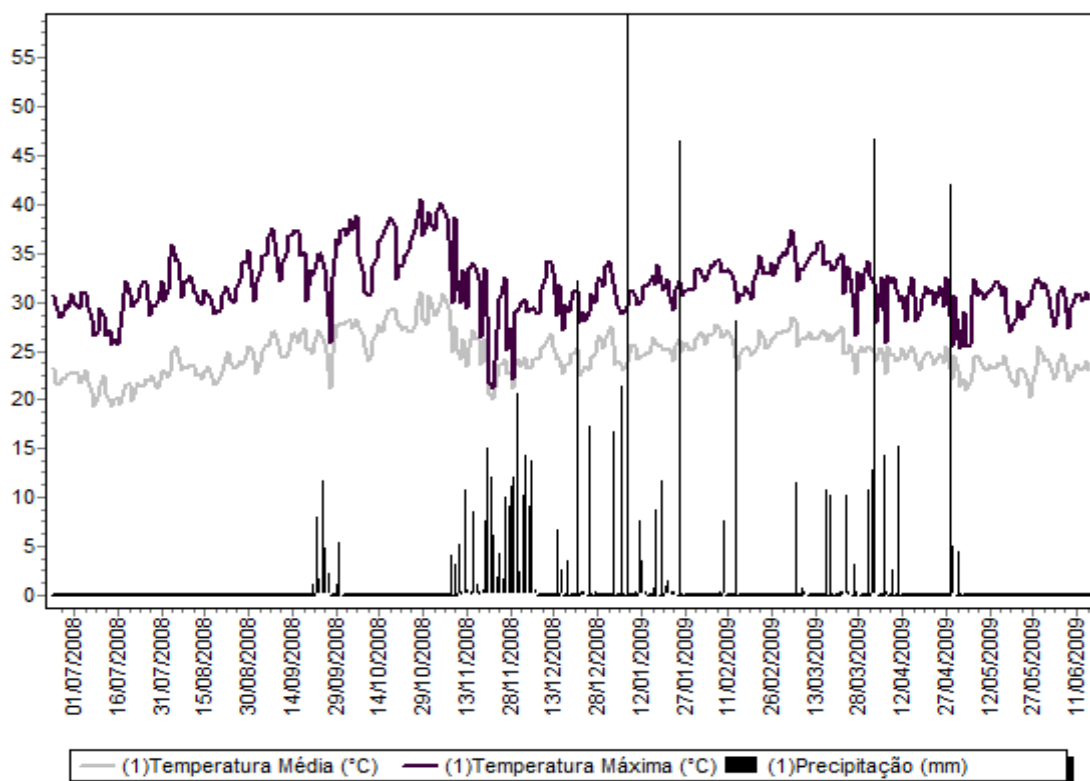


Figura 1: Temperaturas diárias, máximas e mínimas, e precipitações no período de junho de 2008 a junho de 2009.

Na Figura 2, é apresentada a evapotranspiração de referência (ET₀) durante o ciclo da cultura, calculada pelo método de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et. al., 1998), que variou entre 1,2 e 8,31 mm, sendo que o valor mínimo ocorreu no mês de novembro, num dia chuvoso, e o máximo foi obtido em outubro.

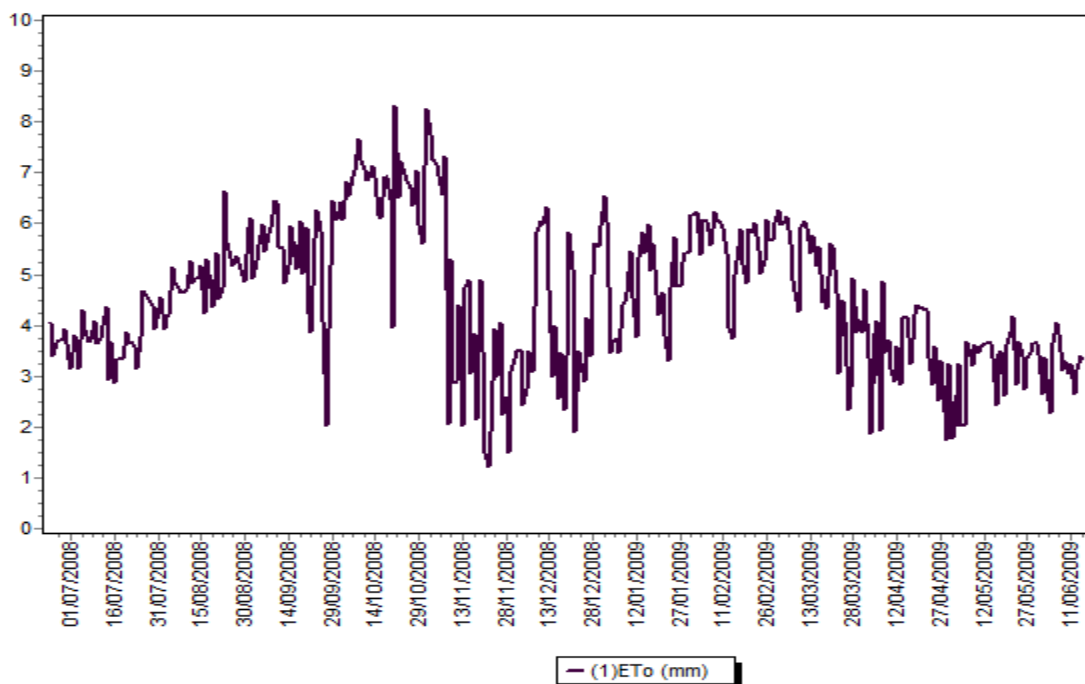


Figura 2: Evapotranspiração de referência durante o período de junho de 2008 a junho de 2009.

O manejo da irrigação foi conduzido com auxílio do software Irriplus[®], que calcula a evapotranspiração da cultura a partir da evapotranspiração de referência, multiplicando-a por coeficientes de ajuste:

$$ET_c = ETo \times K_c \times K_s \quad (1)$$

em que:

ET_c= evapotranspiração da cultura, mm;

ETo= evapotranspiração de referência, mm;

K_c= coeficiente da cultura, adimensional e

K_s= coeficiente de estresse hídrico, adimensional.

A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico em que as entradas de água foram as irrigações realizadas e precipitação pluvial efetiva e as saídas a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a percolação, (MANTOVANI, 2007).

Foi utilizada a área de um pivô central de 70,11 ha, com lâmina de 0,43 mm h⁻¹, sendo este dividido em cinco arcos para a instalação dos seguintes tratamentos: T1 (40 dias sem irrigação antes da colheita), T2 (30 dias sem irrigação antes da colheita), T3 (20 dias sem irrigação antes da colheita), T4 (15 dias sem irrigação antes da colheita) e (T5 10 dias sem irrigação antes da colheita). O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado, sendo que dentro de cada arco eram amostradas, ao acaso, as áreas que representavam as repetições. As parcelas eram formadas por cinco fileiras de cana de açúcar com cinco metros de comprimento.

Para a avaliação de produtividade, foi realizada colheita manual de cada parcela, colhendo todas as plantas existentes nas três linhas centrais, eliminando 1 m em cada extremidade perfazendo uma área útil de 12,6 m². O peso dos colmos foi convertido em toneladas de cana por hectare. Após a pesagem de cada parcela, foi retirada ao acaso uma amostra contendo oito colmos e encaminhada para análise laboratorial.

Vale ressaltar que na coleta das amostras para serem analisadas no laboratório foi descartado o palmito da cana de açúcar, assim como as folhas. Realizou-se uma limpeza ao mesmo molde da colheita manual, com excessão da queima que não foi utilizada. Isto favorece os valores de fibra e elevado teor de pureza.

Foram analisados o teor de sólidos solúveis (brix), leitura sacarimétrica (pol) e peso do bagaço úmido seguindo o padrão descrito no Manual de Instruções (CONSECANA, 2006). Primeiramente, fracionaram-se cada amostra separadamente e homogeneizou-se o bagaço para depois retirar uma amostra de 500 g mais ou menos 2 g, para a prensagem, determinação do peso do bagaço úmido, e o caldo coletado para leitura de Brix e pol. A prensagem foi realizada durante um minuto a uma pressão constante de 24,5 MPa, e logo após a prensagem obteve-se o peso do bagaço úmido em balança analítica de 500 g, com aproximação de mais ou menos 0,5 g.

O caldo retirado das amostras foi dividido em duas partes, uma para a leitura do brix, através de um refratômetro digital e outra para a leitura da pol da cana. Na leitura da pol da cana, primeiramente, aplicou-se ao caldo um clarificante a base de alumínio e logo em seguida o mesmo foi passado em filtro de papel com espessura de 205 µm, e em seguida realizou-se a leitura no sacarímetro digital. Após a análise de cada amostra, todo o equipamento utilizado foi lavado com água destilada para evitar contaminação do próximo material.

A pureza aparente do caldo (Q), açúcares redutores (AR), fibra da cana-de-açúcar (F), açúcares redutores da cana (ARC) e açúcar total recuperável (ATR) foram calculados com as seguintes equações, (CONSECANA, 2006):

$$Q = 100 \times S \div B, \quad (2)$$

em que:

S = pol do caldo;

B = brix do caldo.

$$AR (\%) = 3,641 - 0,0343 \times Q \quad (3)$$

$$F = 0,08 \times PBU + 0,876 \quad (4)$$

em que:

PBU = peso do bagaço úmido prensado, em gramas.

$$ARC = AR \times (1 - 0,01 \times F) \times 1,0313 - 0,00575 \times F \quad (5)$$

$$ATR = 9,5263 \times PC + 9,05 \times ARC \quad (6)$$

em que:

PC = Pol da cana

$$PC = S \times (1 - 0,01 \times F) \times 1,0313 - 0,00575 \times F \quad (7)$$

Para execução das análises de regressão utilizou-se o programa estatístico "SAEG 9.0", desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentadas as fases da cultura, seus coeficientes, área sombreada, profundidade do sistema radicular e duração em dias, utilizados no manejo da irrigação, ajustados para o local específico.

Tabela 1- Coeficiente da cultura (Kc), Duração da fase em dias, profundidade do sistema radicular (Z) e área sombreada (AS) em cada fase.

Fase	Kc	Duração (dias)	Z (cm)	AS (%)
Brotação	0,4*	30	30	15
Desenvolvimento I	0,75**	115	50	50
Desenvolvimento pleno	1,25*	160	50	100
Maturação	0,8**	60	50	100

Fonte: Doorembos & Kassam, 1979.

*Coeficiente fixo

** Coeficiente variável

Na Figura 3, é apresentado o balanço hídrico para a cultura segundo o manejo do tratamento cinco. Os gráficos referentes aos manejos dos demais tratamentos encontram-se no apêndice B.

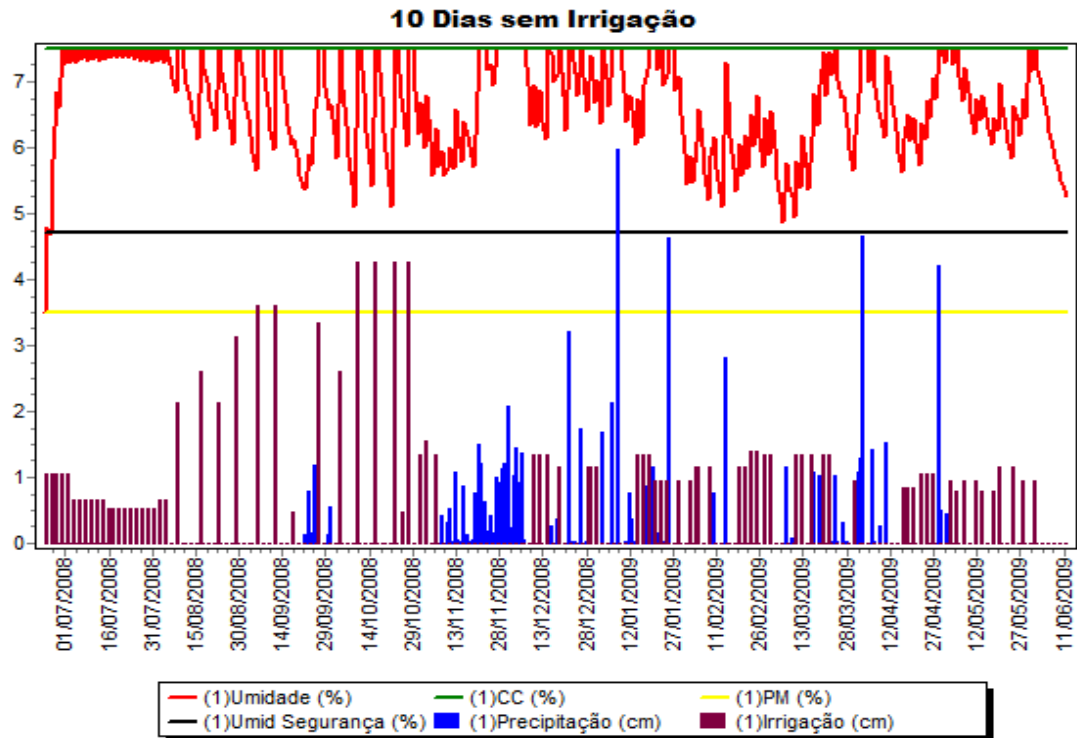


Figura 3: Balanço hídrico durante todo o ciclo da cultura para o tratamento com 10 dias sem irrigação antes da colheita.

Na Tabela 2, é apresentada a lâmina total de irrigação em cada tratamento, e a diferença acumulada de irrigação com relação ao tratamento com 40 dias sem irrigação antes da colheita. A umidade do solo de todos os tratamentos após a última irrigação encontrava-se na capacidade de campo, como pode ser visto nos gráficos de umidade.

Tabela 2- Lâmina total aplicada em cada tratamento (L. T.), diferença com relação ao tratamento anterior e dias sem irrigação de cada tratamento.

Tratamento	Dias sem Irrigação	Última irrigação	L. T. (mm)	Diferença acumulada (mm)
1	40	02/05/09	1063,07	-
2	30	12/05/09	1078,57	15,5
3	20	22/05/09	1088,57	25,5
4	15	27/05/09	1109,63	46,56
5	10	02/06/09	1118,99	55,92

Na Tabela 3, são apresentados os valores da leitura refratométrica, leitura sacarimétrica e peso do bolo úmido de cada repetição dos diferentes tratamentos. Com estas variáveis, pode-se determinar os diferentes parâmetros para avaliar a qualidade da cana de açúcar tais como: açúcar redutor (AR), açúcares totais recuperáveis (ATR), fibra (F), umidade da cana (U), etc.

No laboratório foi perdida uma amostra referente ao tratamento com 20 dias sem irrigação. Devido ao erro neste tratamento, o trabalho ficou com três repetições apenas.

Tabela 3- Leitura refratométrica (Brix), leitura sacarimétrica (Sacarose) e peso do bolo úmido (PBU), de cada repetição dentro dos tratamentos avaliados.

Tratamento	Variáveis	Repetições				Média
		1	2	3	4	
10	Brix	19,83	19,12	19,79	18,45	19,30
	Sacarose	73,99	69,66	75,74	67,57	71,74
	PBU	128,68	137,02	139,1	127,86	133,17
15	Brix	19,87	20,78	18,49	20,03	19,79
	Sacarose	70,05	80,52	63,89	78	73,12
	PBU	138,23	132,73	134,08	126,07	132,78
20	Brix	21,36	20,47	20,65	-	20,83
	Sacarose	83,65	77,19	77,74	-	79,53
	PBU	142,93	134,06	146,93	-	141,31
30	Brix	20,34	20,11	20,61	20,09	20,29
	Sacarose	77,08	73,67	79,6	75,38	76,43
	PBU	145,85	138,56	137,87	143,28	141,39
40	Brix	19,89	19,61	19,89	19,99	19,85
	Sacarose	71,85	69,28	73,69	74,81	72,41
	PBU	135,91	125,93	139,45	133,66	133,74

Na Tabela 4, apresentam-se os valores extraídos da análise laboratorial para cada tratamento, assim como o teste de média e o coeficiente de variação dos resultados.

Tabela 4- Açúcares redutores (AR), fibra (F), Umidade da cana (U), açúcares totais recuperáveis (ATR), pureza (P) e produtividade (P) para os diferentes tratamentos.

Dias sem irrigação	AR (%)	F (%)	U (%)*	ATR (kg t⁻¹)	P (%)	P (t ha⁻¹)
10	0,47	11,53	71,40a	145,82	90,19	212,08
15	0,50	11,50	70,95ab	148,61	88,97	212,92
20	0,41	12,18	69,62b	157,84	92,02	224,17
30	0,44	12,19	69,98ab	152,50	91,03	212,08
40	0,52	11,58	70,90ab	147,22	88,35	192,92
C.V.(%)	19,064	3,388	0,948	5,725	3,41	11,923

*Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferenciam estatisticamente a 5 % de significância pelo teste de Tukey.

As variáveis apresentadas na Tabela 4 não diferiram estatisticamente a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey entre os diferentes tratamentos, com exceção da umidade da cana em que houve diferença entre os tratamentos com 10 e 20 dias.

Uma possível explicação para a diferença estatística entre os tratamentos com 10 e 20 dias sem irrigação antes da colheita, é que com 20 dias a planta já está sofrendo déficit hídrico, mas então ela se adapta à nova situação, emitindo raízes para explorar um maior volume de solo, e assim volta a absorver água apresentando então um pequeno acréscimo de umidade. Isto pode explicar ainda a ligeira queda de açúcares na planta, já que a mesma precisa converter os fotoassimilados em raízes, isto exige gasto de energia.

Taiz; Zeiger (2006), explicam bem o comportamento da umidade neste caso. Segundo os autores, a expansão foliar é muito mais sensível que a fotossíntese a uma limitação da absorção em água. A inibição do desenvolvimento das folhas reduz o consumo de carbono e de energia e, assim, uma proporção maior dos fotoassimilados pode ser atribuída às raízes,

permitindo-lhes continuar a crescer. Simultaneamente, os ápices radiculares no solo seco começam a perder turgidez. Tudo isto leva a que o crescimento radicular se processe, essencialmente, para as zonas que permanecem úmidas.

Marques et al. (2001) sugerem os valores ideais de AR de até 1,0 % e fibra variando entre 8 % e 12 %, para uma matéria-prima de boa qualidade. Apenas os tratamentos com 20 e 30 dias sem irrigação antes da colheita que tiveram seus valores de fibra levemente acima de 12 %.

Quando se analisa os teores de fibra encontrados nos diferentes tratamentos percebe-se que todos se encontram próximo de 12 %, valor considerado limite crítico nas usinas. Isto mostra que a cana avaliada está no seu limite aceitável, e com o passar do tempo a tendência é que ocorra perda de qualidade da matéria prima em estudo.

Os valores de pureza também são considerados excelentes por Segato et al (2006), principalmente nos tratamentos com 10, 20 e 30 dias sem irrigação (acima de 90 %). Como no experimento não foi utilizada a queima da cana, isto contribui para altos valores de pureza, já que as cinzas geradas com a queima são uma grande forma de impurezas na matéria-prima final.

Dalri et al. (2008), avaliando três diferentes turnos de rega com lâminas aplicadas na cana-planta (10, 20 e 30 mm), com 1787 mm de precipitação concentrados numa única época do ano e lâminas aplicadas entre 960 e 1150 mm, encontraram valores de ATR entre 148 e 153,8 kg t⁻¹, resultados estes muito parecidos com os encontrados neste experimento, já o teor fibra encontrado pelo autor ficou próximo de 10 %, abaixo do encontrado no experimento. Vale lembrar que a variedade utilizada no experimento foi a RB 72 454, diferente da utilizada neste experimento.

Barbosa (2005), avaliando as variedades SP-791011, JAVA, RB 765418, RB 72454, SP 801842, cana-planta, no município de Salinas-MG, em sistema irrigado e de sequeiro, encontrou produtividades variando de 93 a 115 t ha⁻¹ no

sequeiro e 120 a 170 t ha⁻¹ no sistema irrigado, valores estes muito abaixo do encontrado no presente trabalho.

A produtividade encontrada neste experimento é considerada como excelente para um sistema irrigado. Segundo o levantamento feito pela Conab 2008, a produtividade média esperada no Brasil para a safra 2008/2009 seria de 79 t ha⁻¹. Ainda segundo Doorenbos; Kassam (1994), nos trópicos úmidos podem ser considerados bons rendimentos da cultura de sequeiro, na faixa de 70 a 100 t ha⁻¹ de cana de açúcar e nos trópicos e subtropicais secos com irrigação, entre 100 e 150 t ha⁻¹.

Em diversos alimentos, o teor de açúcar é medido de acordo com o BRIX apresentado. Segundo Segato et al (2006), o teor de BRIX aceitável para a cultura da cana de açúcar é acima de 18°. Os valores encontrados ficaram muito acima do aceitável, o que já indica uma grande concentração de açúcares na matéria prima final.

Segato et al (2006), explicam que açúcares redutores representam os açúcares que não são extraídos da matéria-prima nos métodos de extração utilizados no Brasil. Portanto, quanto menor o teor de AR, menor será a perda de açúcares no final do processo.

Marques et al. (2009), realizaram um levantamento em usinas no Brasil e constataram que o AR médio encontrado está próximo de 0,53 % nas áreas tradicionais e 0,58 % no Nordeste, valores estes próximos do encontrado no presente trabalho. Vale destacar apenas o AR nos tratamentos com 20 e 30 dias que ficaram abaixo de 0,45 %.

Segundo Marques et al. (2009), a pureza média encontrada nas usinas está próximo de 86,66 %, valor abaixo do encontrado neste trabalho. Isto é justificado por muitas usinas ainda utilizarem a queima da cana antes da colheita, o que aumenta as impurezas na matéria-prima final.

Mello et al. (1988), avaliando a qualidade de cana crua despontada, encontraram valores de fibra da cana e pureza muito próximos do encontrado no presente trabalho, 12,19 e 88,34 %, respectivamente.

A variável umidade foi a única que apresentou diferença estatística pelo teste de tukey a 5 % de significância. Mas ocorreu diferença apenas entre os tratamentos com 10 e 20 dias sem irrigação, fato este já explicado acima. Portanto, com o estresse hídrico sofrido pela cultura, esta provavelmente consumiu açúcares para expandir seu sistema radicular até encontrar uma região com umidade suficiente para sua manutenção.

O ATR não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Vale lembrar que hoje a cana de açúcar é paga de acordo com o seu teor de ATR final, portanto, irrigando até 40 dias antes da colheita para esta situação específica é o suficiente, já que as irrigações próximas da colheita não influenciaram no acúmulo do ATR. Não justifica irrigar uma cultura próximo da colheita, principalmente pela quantidade de máquinas que entram no terreno podendo causar compactação, atrapalhando o manejo futuro ou até mesmo dificultando a colheita.

Em média encontrou-se uma produtividade de 210,85 t ha⁻¹. Não era esperado uma diferença de produtividade entre os diferentes tratamentos aplicados, pois irrigações ao final do ciclo de uma cultura servem apenas para sua manutenção em campo até a colheita.

CONCLUSÕES

A interrupção da irrigação entre 10 e 40 dias antes da colheita não resultou numa melhor qualidade da matéria-prima final para a variedade estudada nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais.

A irrigação na cultura da cana de açúcar no Norte de Minas Gerais pode ser interrompida 40 dias antes da colheita.

Ocorreu diferença estatística a 5 % de significância pelo teste de Tukey apenas na variável umidade entre os tratamentos com 10 e 20 dias sem irrigação, as outras variáveis analisadas não apresentaram diferença entre os demais tratamentos.

REFERÊNCIAS

ALFONSI, R. R. PEDRO JÚNIOR, M.J. BRUNINI, O; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, fundação Cargill, 1987, v.1, p.42-55.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. FAO – Irrigation and Drainage. Rome: FAO, 1998. 319 p. (Paper 56).

BARBOSA, E. A. **Avaliação Fitotécnica de cinco Variedades de Cana-de-açúcar para a Região de Salinas –MG**. Dissertação de Mestrado. Vitória da Conquista-BA. 2005. 72p.

BARROS, G. S. C; MORAES, M. A. F. D. A Desregulamentação do Setor Sucroalcooleiro. **Revista de Economia Política**, vol. 22, nº 2 (86), abril-junho/2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **1º Levantamento de cana-de-açúcar safra 2008** - Abril/2008. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conabweb/> > Acesso em: 15 ago. de 2008.

CONSECANA – CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Instruções**. CONSECANA-SP, Piracicaba, 5ª ed., 2006. 200 p.

COSTA, J. A. B. **Avaliação dos sistemas de pagamento de cana-de-açúcar: PCTS x ATR. Campos dos Goytacazes:** Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2001. 125p. Dissertação (Mestrado).

COSTA, J. A. B; PONCIANO, N. J; SOUZA, P. M. **Avaliação da sistemática de cálculos para efeito de pagamento de cana pelos açúcares totais recuperáveis (atr) nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo.** XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco, AC, 2008.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B; DUENHAS, L. H. **Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. Botucatu.** Irriga, V.3, n.1, 2008. 1-11p.

DOORENBOS, J., KASSAM, A. K. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Tradução de Gheyi, H.R., Sousa, A.A., Damasceno, F.A.V. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306p.

KUNERT, K. J. Stress Physiology: **Understanding the Limits for Plant Performance.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, Piracicaba, 2000. Anais. (cd-rom)

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. (COORD.) Ecofisiologia da produção. Piracicaba. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.113-118.

MAIA, A. B.; CAMPELO, E. A. P. **Tecnologia da Cachaça de Alambique.** Sebrae/MG; SindBebidas. Belo Horizonte 2006.

MANTOVANI, E, C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação - Princípios e Métodos.** 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 358p.

MARIN, F. R. **Variedades- 2007.** Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html> Acesso em: 15 de Jun. 2009.

MARQUES, M. O.; MARQUES, T. A.; TASSO JR., L. C. **Tecnologia do açúcar: Produção e industrialização da cana-de-açúcar.** Jaboticabal: FUNEP, 2001. 166p.

MARQUES, P. V.; SONODA, D. Y.; XAVIER, C. E. O.; ZILIO, L. B. **“Custos de produção agrícola e industrial de açúcar e álcool do Brasil” Safra 2007/2008.** Brasília, 2009. 29p.

MELO, F. A. D.; BORBA, J. M. M.; PATERSON, M. Cana-de-açúcar integral e queimada sem desponete: Resultados preliminares obtidos. **Brasil açucareiro**, Rio de Janeiro. v 106 n. 5 e 6, 1988.

MUTTON, M. J. R. **PRODUÇÃO DE ETANOL: QUALIDADE DE MATÉRIA-PRIMA.** 2008.

SEGATO, S. V. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S., V. et al. (Org.) Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP. 2006. Cap.II, pág, 19-36.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology.** 4th edition, Sinauer Associates, Sunderland, 2006. 764p.

VIAN, C. E. F; QUINTINO, D. D. Crítica à teoria dos mercados futuros à luz do desenvolvimento recente dos contratos futuros de açúcar e álcool da BM&F. **Pesquisa & Debate**, SP, volume 18, número 2 (32) pp. 307-328 2007.

APÊNDICE A

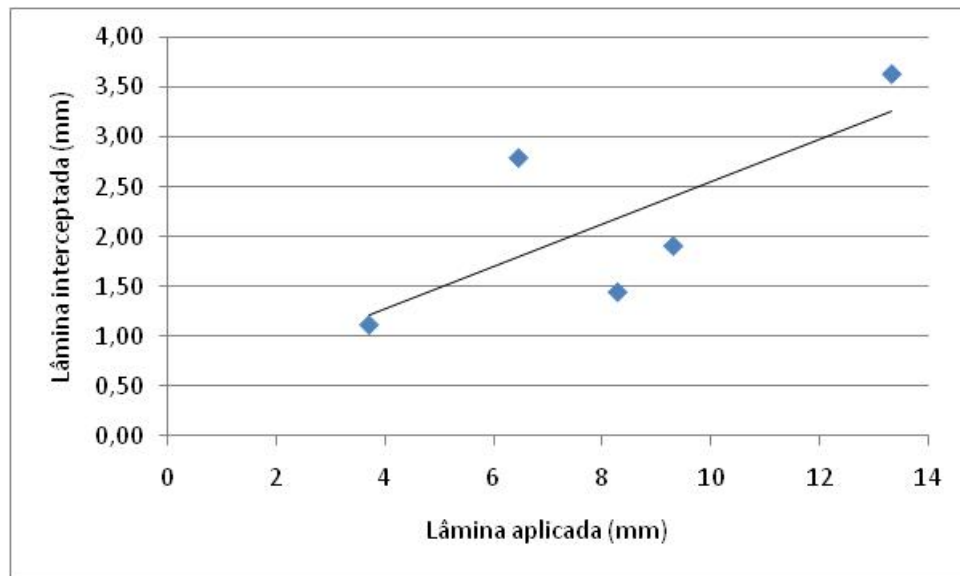


Figura 1A: Relação entre a lâmina aplicada e interceptada ocorrida no IAF 2,69.

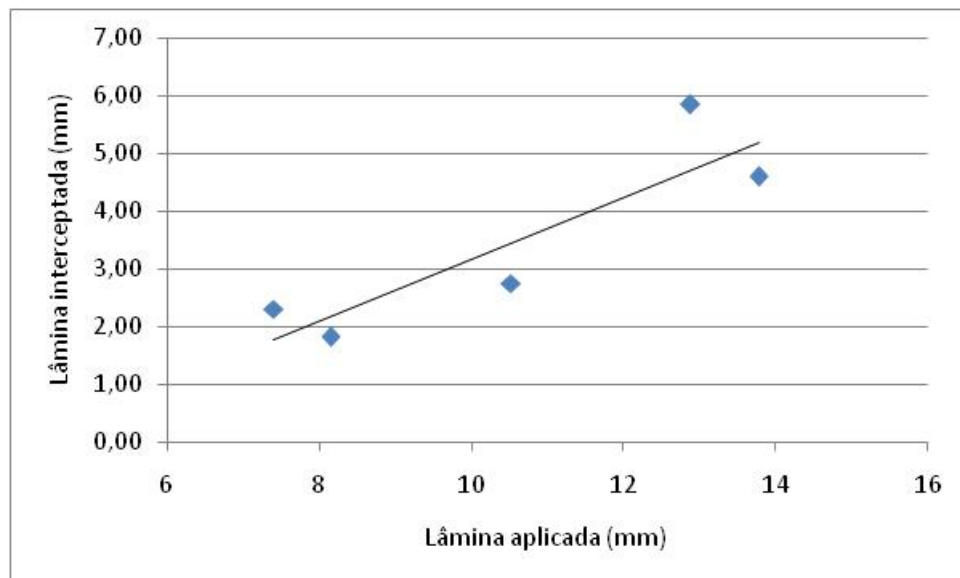


Figura 2A: Relação entre a lâmina aplicada e interceptada ocorrida no IAF 3,5.

APÊNCIDE B

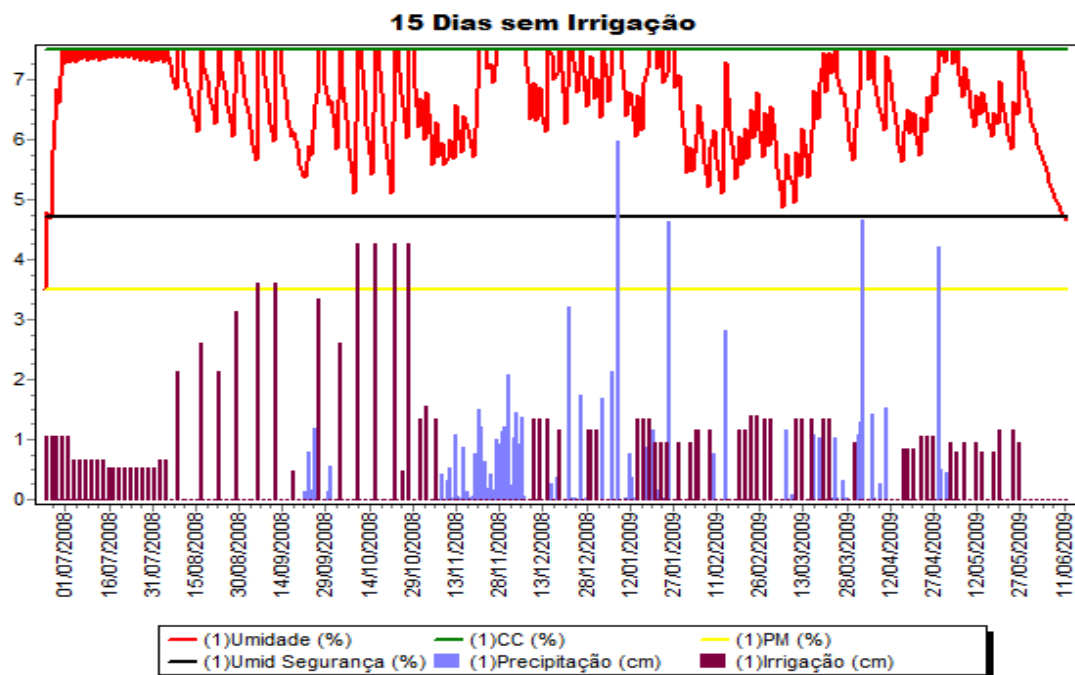


Figura 1B: Balanço hídrico durante todo o ciclo da cultura para o tratamento com 15 dias sem irrigação antes da colheita.

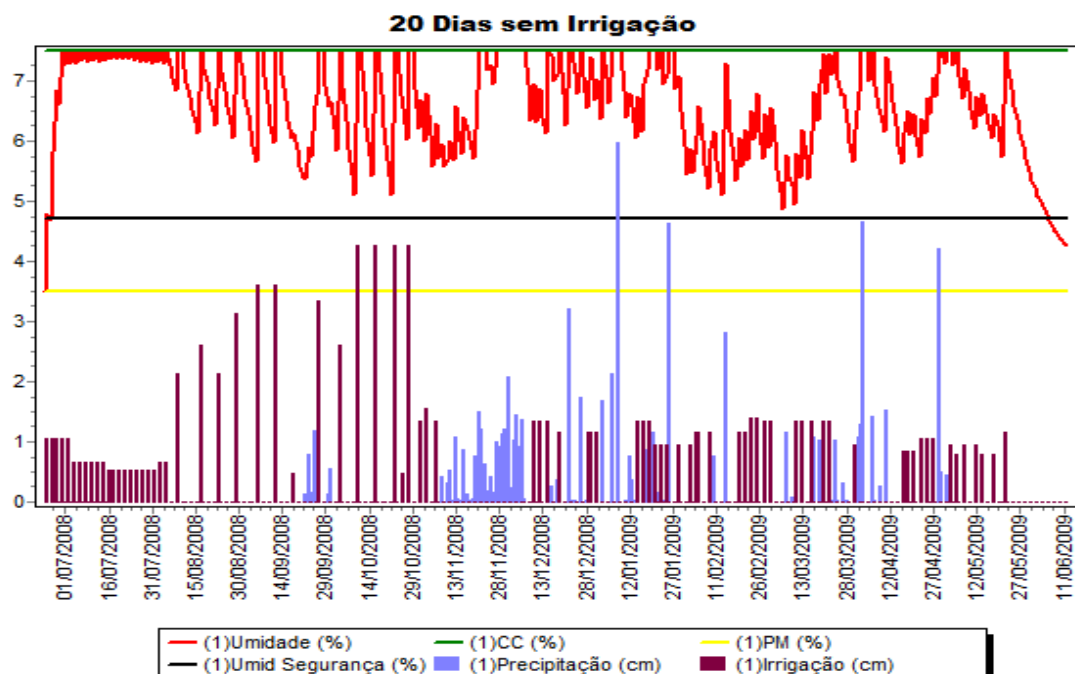


Figura 2B: Balanço hídrico durante todo o ciclo da cultura para o tratamento com 20 dias sem irrigação antes da colheita.

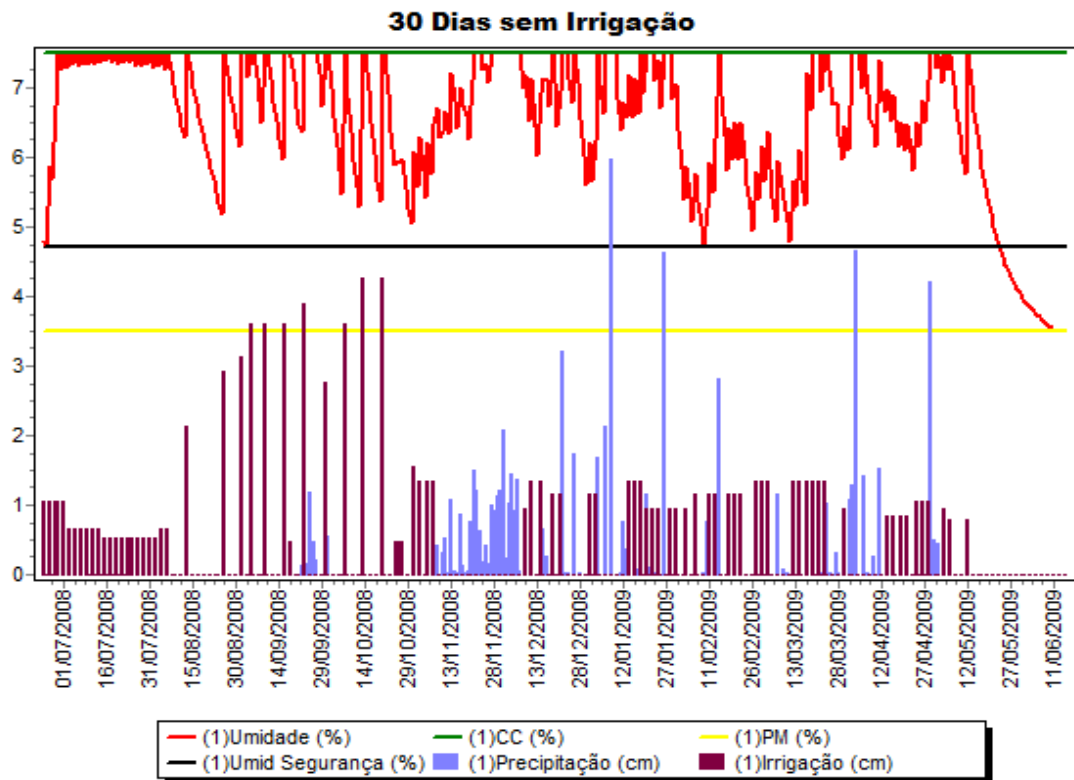


Figura 3B: Balanço hídrico durante todo o ciclo da cultura para o tratamento com 30 dias sem irrigação antes da colheita.

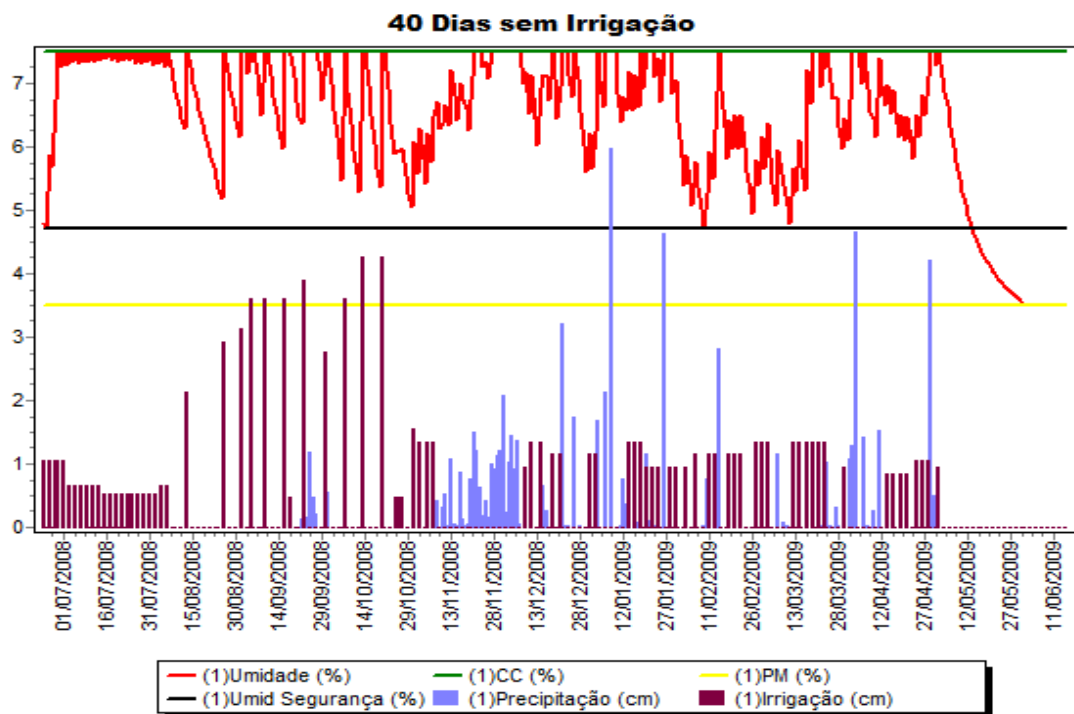


Figura 4B: Balanço hídrico durante todo o ciclo da cultura para o tratamento com 40 dias sem irrigação antes da colheita.