UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

RIBAMAR DE CASTRO RODRIGUES

SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR

São Mateus, ES
Fevereiro de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL

SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR

RIBAMAR DE CASTRO RODRIGUES

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Robson Bonomo

São Mateus, ES
Fevereiro de 2015

SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR

RIBAMAR DE CASTRO RODRIGUES

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada: 26 de fevereiro de 2015.

_____	_____
Pesq.Dr. Vinicius Bof Bufon Embrapa Cerrados	Prof. Dr. Moises Zucoloto Universidade Federal do Espírito Santo

_____
Prof. Dr. Márcio Paulo Czepak
Universidade Federal do Espírito Santo
(Co-orientador)

_____
Prof. Dr. Robson Bonomo
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

Ao meu Pai Sandoval Rodrigues dos Santos, a minha mãe Therezinha de Castro Rodrigues (in memoriam), a minha esposa Andréia e meus filhos Ana Laura e Rodrigo,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela oportunidade de realizar mais um sonho.

À Universidade Federal do Espírito Santo – UFES e ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

Aos meus pais pela dedicação e amor dispensados.

Ao minha esposa, Andréia, pelo apoio e colaboração.

Aos meus filhos, Ana Laura e Rodrigo, que me motivavam a cada sorriso.

Ao meu orientador, Professor DS. Robson Bonomo, pela disponibilidade em ajudar.

Aos professores do curso de pós-graduação por dividirem comigo seu conhecimento,

Aos colegas desta jornada pelos momentos de estudo, análise e crítica dos trabalhos.

Enfim a todos que de alguma forma contribuíram para este momento...

“Sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito (...)”.

Romanos 8:28

SUMÁRIO

RESUMO ..... **viii**

ABSTRACT ..... **x**

1. INTRODUÇÃO **1**

2. REVISÃO DE LITERATURA **4**

2.1. A origem da *Saccharum s*pp **4**

2.2. Fatores do ambiente e variáveis da cana-de-açúcar **5**

2.2.1. Épocas de plantio **6**

2.2.2. Perfilhamento **6**

2.2.3. Colmos **7**

2.2.4. Produtividade **8**

2.2.5. Entrenós **9**

2.3. Características da qualidade da cana-de-açúcar **9**

2.4. Irrigação em cana-de-açúcar **11**

2.5. Florescimento da cana-de-açúcar **14**

3. MATERIAL E MÉTODOS **16**

3.1. Caraterização do local, clima e solo **16**

3.2. Instalação e condução do experimento **18**

3.3. Delineamento experimental **20**

3.4. Caracterização da irrigação **21**

3.5. Análises agronômicas **22**

3.5.1. Caracterização das condições originais da área experimental **23**

3.5.2. Palhiço remanescente **23**

3.5.3. Porcentagem de falhas e perfilhos **24**

3.5.4. Canas florescidas **25**

3.5.5. Comprimento dos colmos **25**

3.5.6. Diâmetro dos colmos **25**

3.5.7. Número de entrenós **26**

3.5.8. Produtividade (Mg ha^{-1}) **26**

3.6. Análises da qualidade da cana-de-açúcar **27**

3.6.1. Brix do caldo **28**

3.6.2.Pol do caldo **28**

3.6.3. Massa do bolo úmido **29**

3.6.4. Massa do bolo seco **29**

3.6.5.Fibra da cana-de-açúcar **29**

3.6.6.Cálculos do coeficiente “C” **30**

3.6.7. Pol da cana **30**

3.6.8. Pureza **30**

3.6.9. Açúcares redutores do caldo **31**

3.6.10.Açúcares redutores da cana **31**

3.6.11.Açúcares redutores totais do caldo **32**

3.6.12. Açúcares redutores totais da cana **32**

3.6.13. Açúcares totais recuperáveis **32**

3.6.14.Álcool 100% (L Mg^{-1}) [provável] **33**

3.6.15.Álcool (L ha^{-1}) **33**

3.7. Análises estatísticas **34**

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **35**

4.1. Análises agronômicas **41**

4.1.1. Porcentagem de falhas **41**

4.1.2. Número de perfilhos **.....42**

4.1.3. Comprimento, diâmetro do colmo, número de entrenós, colmos florescidos e produtividade**.....42**

4.2. Análises da qualidade da cana-de-açúcar**.....44**

5. CONCLUSÕES 47

6. REFERÊNCIAS.....48

RESUMO

RODRIGUES, Ribamar de Castro; M. Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2015; **Supressão da irrigação no final do ciclo para otimização da produtividade e qualidade da cana-de-açúcar**; Orientador: Robson Bonomo; Co-orientador: Márcio Paulo Czepak.

A cana-de-açúcar possui papel de destaque no Brasil pela importância econômica, podendo ser usada para produção de etanol, açúcar e na alimentação animal e humana. O déficit hídrico afeta vários aspectos do crescimento vegetal, sendo que os efeitos mais relevantes se referem à redução do tamanho das plantas, de sua área foliar e da produtividade da cultura. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da irrigação, com diferentes períodos de supressão, sobre a produtividade e variáveis agroindustriais de cana-de-açúcar. O experimento foi realizado em uma propriedade comercial de cana-de-açúcar no município de Pinheiros - ES, entre agosto 2013 e setembro 2014, variedade RB 86 – 7515, corte em 26 de agosto 2014, com espaçamento de 1,5 m entre linhas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e seis tratamentos, sendo eles: testemunha (T1), irrigação plena (T6), supressão da irrigação com 110, 90, 60, 30 dias antes da colheita, respectivamente os tratamentos (T2), (T3), (T4), (T5). As características avaliadas foram: altura do colmo (m), diâmetro do colmo (mm), nº de canas florescidas, Brix do caldo, Pol % da cana, Pol % do caldo, fibra, pureza, açúcar redutor total (ART), açúcar total recuperável (ATR), Álcool 100%, Álcool L ha^{-1} e produtividade. O sistema de irrigação utilizado foi aspersão convencional fixa. Cada parcela irrigada foi posicionada entre 04 aspersores com altura inicial de 2,5 m chegando a 4,5 m. A determinação da lâmina de irrigação foi baseada no modelo de balanço hídrico, onde se computou as entradas e saídas de água no sistema. Para as variáveis agronômicas, houve ganho significativo em relação à testemunha para os tratamentos T3 e T6 na variável altura do colmo e, T2 na variável número de canas florescidas e T6 na variável produtividade. Para as variáveis tecnológicas, houve diferença significativa em relação à testemunha para os tratamentos T2 para a variável Brix do caldo, T5, T4 e T6 para variável pureza, T3

e T2 para variável fibra, T5 e T4 para variável Pol % cana, T5, T4 e T6 para a variável AR % cal, T4 e T6 para a variável AR % cana, T5 e T4 para a variável ART % cana, T5 e T4 para a variável ATR, T5 e T4 para a variável Álcool 100% e T6 para a variável Álcool L ha^{-1}. A precipitação pluvial e o florescimento, ocorridos no período, influenciaram nas características agronômicas e tecnológicas.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., estresse hídrico, florescimento, variáveis agroindustriais.

ABSTRACT

RODRIGUES, Ribamar de Castro; M. Sc.; Federal University of Espírito Santo; February 2015; **Supression of irrigation for optmization of productivity and quality of sugarcane**; Advisor: Robson Bonomo; Co-advisor: Márcio Paulo Czepak.

Sugarcane plays an important economic role in Brazil, being used in the production of both ethanol and sugar. The water deficit affects the plant growth, promoting a reduction in its size, leaf area and crop. In this work, for a Brazilian sugar cane variety named RB86 - 7515, with row spacing of 1,5 m, the effects of irrigation suppression on agronomic and technological characteristics are studied. The experiments were conducted in a commercial farm located in Pinheiros, Espírito Santo between august 2013 and September 2014, Brazil. It was used a randomized block with four replications and six treatments, designated control (T1), full irrigation (T6), and irrigation suppression with 110 (T2), 90 (T3), 60 (T4), and 30 (T5) days. The main characteristics analyzed were: stalks height (m), stalks diameter (mm), flower stalks number, juice Brix, % Pol % of the cane, Pol % of the juice, fiber, purity, total reducing sugar (ART), total recovery sugar (ATR), productivity (TCH), theoretical alcohol (Alcohol) 100%) and Alcohol L ha^{-1}. An irrigation system with sprinklers was used and the area to be irrigated was located between four sprinklers with initial height from 2.5 m to 4.5 m. The water sheath was determined using a water balance model, where the inputs and outputs of water are considered, and a rain gauge was used for determining the rain water. With respect to the agronomic characteristics, the results show a significant difference in the stalks heights to the T3 and T6 samples, flower stalks number to the T2 sample and total yield to the T6 sample when compared to T1 samples. Concerning to technological characteristics, these differences were observed in the juice Brix of T4 sample, in the fiber of T3 and T2 samples, in the purity of T4 and T6 samples, in the Pol % cane of the T5 and T4 samples, in the fiber of the T3 and T2 sample, in the AR % juice of the T5, T4 and T6 samples, in the AR % cane of the T4 and T6 samples, in the ART % cane of the T5 and T4 samples, in the ATR kg mg^{-1} of the T5 and T4 samples, in the Alcohol 100% of the T5 and T4 samples and the Alcohol L ha^{-1} to T6 when compared with those of

T1 samples. Additionally, the rainfall and flowering which happened in the testing period can be influenced both agronomic and technological characteristics.

Key words: *Saccharum* spp., hydric stress, flowering, agroindustrial variables.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar possui papel de destaque no Brasil pela importância econômica, podendo ser usada para produção de etanol, açúcar e na alimentação humana e animal. Nos últimos anos a demanda mundial por açúcar e combustíveis renováveis tem pressionado a expansão de áreas para o plantio da cultura no Brasil.

Segundo dados do 4º levantamento (CONAB, 2014), a área cultivada com cana-de-açúcar, colhida na safra 2012/13, e destinada à atividade sucroalcooleira no Brasil foi de 8.811 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores conforme suas características. O estado de São Paulo é o maior produtor com 51,7% (4.552 mil hectares), seguido por Goiás com 9,3% (818,4 mil hectares), Minas Gerais com 8,9% (779,8 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,4% (654,5 mil hectares), Paraná com 6,7% (586,4 mil hectares), Alagoas com 4,7% (417,5 mil hectares) e Pernambuco com 3,2% (284,6 mil hectares). Nos demais estados produtores as áreas são menores, com representações abaixo de 3%.

O Brasil teve um acréscimo na área de 326,43 mil hectares no ano safra 2013/14, equivalendo a 3,8% em relação à safra 2012/13. O acréscimo é reflexo do aumento de 5,1% (375,1 mil hectares) na área da Região Centro-Sul, o que compensou o decréscimo de 4,3% (48,6 mil hectares) na área da Região

Norte/Nordeste. São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais foram os estados com maior acréscimo de áreas, com 132,6 mil hectares, 111,8 mil hectares, 92,5 mil hectares e 58,0 mil hectares, respectivamente. Este crescimento ocorreu, principalmente, devido à expansão de novas áreas de plantio das novas usinas em funcionamento. Nesta safra, as lavouras da Região Centro-Sul receberam mais investimentos e tratos culturais (CONAB, 2014).

No estado do Espírito Santo, principalmente na região norte, a cultura da cana-de-açúcar tem relevante papel, pois gera emprego, fixa o homem no campo e traz renda adicional ao produtor. A área plantada com cana-de-açúcar no estado do Espírito Santo é de 73.300 hectares, sendo 55.793 hectares nos principais municípios produtores do norte do estado (Conceição da Barra, Linhares, Montanha, Pedro Canário, Pinheiros e São Mateus), conforme a Tabela 1.

TABELA 1. Área plantada e produtividade da cana-de-açúcar nos principais municípios produtores do norte do estado do Espírito Santo.

Município	Área plantada (ha)	Produtividade kg ha^{-1}
Conc. da Barra	11.043	48.774
Linhares	9.200	70.000
Montanha	9.723	43.289
Pedro canário	8.988	58.000
Pinheiros	9.871	49.693
São Mateus	6.968	39.616
Total	55.793	Média = 51.562

Fonte: IBGE. Grupo de Coordenação de EstatísticasAgropecuárias (GCEA/ES) - Junho 2014.

No Estado do Espírito Santo para a safra 2014-2015 de cana-de-açúcar (CONAB, 2014), a quantidade produzida será de 4.123,2 mil toneladas em uma área de 73,3 mil hectares, com rendimento médio de 56,29 toneladas por hectare.

Para que setor sucroalcooleiro alcance o equilíbrio e rentabilidade em sua cadeia produtiva, é preciso introduzir variedades mais produtivas, com manejo adequado, dentre os quais destaca-se o uso racional da irrigação que em níveis satisfatórios levará à verticalização da produtividade, bem como irá garantir o fornecimento da matéria-prima para a indústria mesmo em períodos de seca.

Apesar de ser uma importante ferramenta para o correto manejo no cultivo da cana, poucos estudos trazem respostas sobre como obter melhores resultados a

partir do uso correto da irrigação, principalmente para a região norte do Espírito Santo. Nesse contexto, pretendeu-se com este trabalho avaliar diferentes períodos de supressão e sua influência, sobre as características agronômicas e tecnológicas nas condições edafoclimáticas da região norte do Espírito Santo. As informações geradas poderão ser usadas como base na orientação dos produtores para o uso da irrigação plena e em qual o período deve-se suprimi-la, com o intuito de contribuir com o aumento tanto quantitativo como qualitativo da matéria prima, além de minimizar o uso água.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da supressão da irrigação em diferentes períodos anteriores à colheita, para a cultura *Saccharum* spp. (cana-de-açúcar) na produtividade e qualidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A origem da *Saccharum* spp.

Acredita-se que a *Saccharum* spp. conhecida popularmente como cana-de-açúcar, é nativa da Nova Guiné e da região leste da Indonésia de onde se disseminou para o sul da Ásia, onde era utilizada na forma de xarope (TEMPASS, 2010). Ainda de acordo com o autor, há relatos mais antigos sobre a disseminação da cana-de-açúcar no mundo, datado de 327 a.c., quando companheiros de Alexandre Magno em sua expedição a Índia descrevem-na dizendo: “Há na Índia um caniço que dá mel sem auxílio de abelhas”.

Há indícios que por volta de 500 d.c, os persas desenvolveram técnicas para seu consumo na forma sólida. A cana-de-açúcar foi o primeiro vegetal utilizado pelo homem na produção de açúcar. No período das invasões árabes durante o século VIII, a cana-de-açúcar foi levada para o norte da África e sul da Europa, sendo cultivada às margens do Mar Mediterrâneo. Na mesma época os chineses a levaram também para Java e Filipinas (MOZAMBANI et al., 2006).

A tentativa de cultivá-la na Europa não foi bem sucedida devido ao clima frio não ser o favorável, sendo que a mesma é uma cultura adaptada ao clima tropical e subtropical. Dessa forma a Europa continuou a importá-la do Oriente, porém durante a guerra entre Veneza e a Turquia, forçou a procura por novos centros produtores, o que levou Portugal a cultivá-la nas Ilhas da Madeira e a Espanha nas Ilhas Canárias (MOZAMBANI et al., 2006).

Todavia foi no continente americano que a cultura encontrou as melhores condições para seu desenvolvimento. Em sua segunda viagem à América em 1493, Colombo trouxe as primeiras mudas, estabelecendo as mesmas em São Domingos de onde as lavouras se espalharam para Cuba e restante do Caribe. Outros navegantes a trouxeram para as Américas Central e do Sul e, a partir de então, as maiores plantações do mundo se estabeleceram neste continente (MOZAMBANI et al., 2006).

Diola & Santos (2010, apud TEIXEIRA et al., 2012) afirmam que a cana-de-açúcar possui grande importância socioeconômica para o Brasil, pois a mesma serve de matéria prima para a síntese de diversos produtos manufaturados, a exemplo do etanol, aguardente e açúcar. Ainda de acordo com os autores a produtividade média da cultura é de 53 t ha^{-1} em todo o mundo, onde os teores oscilam entre 10 a 18% para sacarose e 11 a 16% para as fibras.

2.2. Fatores do ambiente e variáveis da cana-de-açúcar

Características agronômicas da cana-de-açúcar como, número de colmos por planta, comprimento e largura das folhas, diâmetro do colmo e arquitetura da parte aérea, são características muito influenciadas pelo clima, manejo e práticas culturais. O perfilhamento pode ser influenciado pela variedade, pela luminosidade (menor luminosidade menor perfilhamento), pela temperatura (o perfilhamento aumenta até atingir 30ºC), a nutrição equilibrada e a umidade do solo (MAGRO et al., 2011).

Um dos grandes problemas constatados pela prática da colheita mecanizada constitui na deposição da palhada residual na linha de cultivo, fator limitante do processo fotossintético. Este problema pode ser contornado pela remoção da palhada da linha de plantio para a entrelinha de cultivo ou pelo uso de variedades de cana-de-açúcar menos sensíveis a baixa luminosidade (VASCONCELOS, 2002).

De acordo com Marafon (2012), o diâmetro, altura, número e densidade de colmo por área, são parâmetros para estimativa da produtividade. Determina-se o diâmetro e o comprimento médio dos colmos aproveitando os feixes (oito a dez) destinados às análises tecnológicas.

O parâmetro biométrico com maior impacto na produção é o número de colmos, seguido pelo diâmetro e densidade dos colmos. Pode-se estimar o número de colmos por hectare contando-se todos os colmos da parcela ou das três linhas centrais, podendo ser realizado por ocasião da colheita (VASCONCELOS, 1998; MARAFON, 2012).

2.2.1. Épocas de plantio

Com relação à época de plantio no centro-sul existe a cana de ano e a cana de ano e meio, sendo a cana de ano plantada de setembro a outubro e a cana de ano e meio de janeiro a março. A cana de ano apresenta baixa produtividade, sendo sua colheita feita em caráter emergencial em consequência de falta de matéria prima na indústria, adversidades climáticas, instalação ou ampliação da unidade fabril, não sendo a melhor opção (LIMA, 2006).

2.2.2. Perfilhamento

Segundo Câmara (1993) são quatro os estádios fenológicos da cana-de-açúcar, sendo eles: Brotação e emergência dos brotos, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação.

A intensidade em que ocorre o perfilhamento é variável de cultivar para cultivar, e pode durar até quatro meses após o plantio. A competição por água, nutrientes e luz promove uma diminuição no número de brotações (CASTRO & CHRISTOFOLETTI, 2005).

Segundo Diola & Santos (2010), 40 dias após o plantio dá-se início ao perfilhamento, podendo o mesmo se estender até 120 dias. Os perfilhos formados mais cedo dão origem a talos mais grossos e de maior peso, enquanto que os formados tardiamente morrem ou ficam imaturos ou curtos. Entre os 90 e 120 dias ocorre o perfilhamento máximo, e entre 150 e 180 dias 50% dos perfilhos pelo menos morrem, ocorrendo uma estabilização na população dos mesmos.

Para cana soca, de acordo com Silva et al. (2007), após o corte até os 180 dias há um aumento no número de perfilhos e, após esse período uma redução considerável de 50%, havendo estabilidade em torno de 270 a 320 dias.

Quando a planta atinge o perfilhamento mais intenso, o processo de emissão de perfilhos cessa e passa ao crescimento em altura e espessura dos perfilhos mais desenvolvidos, uma vez que a energia química produzida na fotossíntese não é direcionada para emissão e crescimento de perfilhos, ela é utilizada para o acúmulo de sacarose nos entrenós basais dos colmos mais velhos (SEGATO et al., 2006).

2.2.3. Colmos

Os colmos são compostos por nós e entrenós, as gemas estão situadas nos nós. Os colmos apresentam diferenças de cor, na forma e diâmetro do entrenó, no comprimento, bem como diferenças nas gemas e folhas as quais diferem de variedade para variedade (CASTRO & CHRISTOFOLLETTI, 2005). Cortando-se os colmos no sentido transversal é possível visualizar a casca, a polpa e as fibras.

Camadas de células de lignina compõem a casca da cana. As fibras são compostas de feixes vasculares, feixes estes quase paralelos nos entrenós e separadas com frequência nos nós (CASTRO & CHRISTOFOLLETTI, 2005).

Com o desenvolvimento do colmo as folhas emergem, sendo uma folha em cada nó, inserida na base do mesmo. As folhas eventualmente desenvolvem duas fileiras alternadas em cada lado do colmo. No ápice do colmo há o meristema apical localizado em um número de entrenós muito curtos. O colmo maduro é formado de sete folhas ainda fechadas no fuso da folha, por uma dúzia ou mais de folhas verdes, folhas senescentes, e aumentam em número à medida que a planta cresce (BULL, 2000).

As folhas novas surgem e se expandem em um período entre uma a três semanas. O entrenó pode atingir um comprimento de até 30 cm, dependendo das condições de crescimento, e os colmos de dois a três metros em condições normais de crescimento (BULL, 2000). O diâmetro do colmo pode variar de menos de dez milímetros até cinquenta milímetros (ASSIS, 2004).

2.2.4. Produtividade

Produtividade, qualidade e longevidade sintetizam o objetivo do processo produtivo canavieiro (CÂMARA,1993). Segundo Oliveira et al. (2001), 90 toneladas por hectare de matéria natural é a produtividade média de folhas secas e ponteiros da cana-de-açúcar, mas através do manejo correto de variedades e tratos culturais, pode-se atingir uma produtividade superior a 150 toneladas de matéria natural por hectares.

A produtividade da cana-de-açúcar tanto pode ser avaliada em toneladas de colmo por hectare como em teor de sacarose. Para se obter uma boa produção de açúcar e álcool por hectare, o teor de sacarose deve ser acima de 15% do peso fresco (OLIVEIRA et al., 2001).

Dentre os trinta motivos citados por Rozeff (1998) que promovem a redução da produtividade na soqueira, como uma maior quantidade de perfilhos levar a uma

maior competição por luz, nutrientes e água, a brotação da soqueira ocorrer em condições climáticas não favoráveis, etc., treze deles tem alguma relação com a disponibilidade de água no solo. O uso da irrigação, seleção de genótipos resistentes ao estresse hídrico e melhoramento genético são iniciativas que possibilitam potencializar a produtividade de colmos, porém a irrigação possibilita ao produtor garantir a manutenção da produtividade (ARANTES, 2012).

2.2.5. Entrenós

Segundo Ramesh & Mahadevaswamy (2000) o comprimento dos entrenós tende a ser menor quando ocorre restrição hídrica. Conforme Shigaki et al.(2004), o maior crescimento dos entrenós se deve a maior disponibilidade de água no solo, redundando em plantas mais altas em condições que favorecem o crescimento vegetal.

2.3. Características da qualidade da cana-de-açúcar

A análise tecnológica da cana-de-açúcar, destinada tanto a produção de etanol como açúcar, propicia a avaliação de suas qualidades como matéria-prima. No Brasil, é de responsabilidade da indústria a avaliação da qualidade da matéria-prima, abrangendo todas as etapas, desde a pesagem ao processamento dos dados (CONSECANA, 2006).

Os atributos tecnológicos da cana-de-açúcar determinados nos laboratórios das usinas e destilarias são: ATR (açúcar total recuperável), AR (açúcares redutores), pol da cana e do caldo (porcentagem de sacarose), pureza, fibra, Brix do caldo (teor de sólidos solúveis, em peso de caldo), sendo suas metodologias de

análise e cálculo descritas por Fernandes (2011). As análises das características tecnológicas são classificadas de acordo com o sistema de extração do caldo em moenda de laboratório, digestor a frio e prensa hidráulica (FERNANDES, 2011).

A cana-de-açúcar é formada por fibra e caldo. As fibras são consideradas os sólidos insolúveis. O caldo é formado por água e por sólidos solúveis que são açúcares e não açúcares. Na atualidade a fibra é usada na cogeração de energia da própria indústria, e quando há excedente é vendida para as companhias energéticas (LAVANHOLI, 2010).

Todos os índices tecnológicos são obtidos a partir do caldo, com exceção da fibra. Através de cálculos, os dados são transformados em porcentagem de cana-de-açúcar através da adição de um coeficiente “C” na fórmula (FERNANDES, 2011). A cana-de-açúcar contém principalmente três tipos de açúcares: sacarose, glicose e frutose. Dentre esses açúcares, o maior teor é o de sacarose que está diretamente relacionado ao ponto de maturação da cana (LAVANHOLI, 2010).

Segundo Fernandes (2011), a pol representa a porcentagem aparente de sacarose contida numa solução de açúcares, sendo determinado por métodos sacarimétricos ou polarimétricos. A partir da pol do caldo pode-se determinar a pol da cana, ou a pol% cana. Para tanto, faz-se o cálculo utilizando-se o teor de fibra da cana (%).

O Brix (Brix% caldo) expressa a porcentagem (peso/peso) de sólidos solúveis contidos em uma solução pura de sacarose, ou seja, mede o teor de sacarose na solução (FERNANDES, 2011). A Pureza é o parâmetro mais importante na indicação da maturação da cana-de-açúcar, que quando está madura apresenta pureza maior do que quando verde, pois reflete a relação entre o teor de sacarose (quer real, ou aparente) e todos os demais sólidos solúveis, quando a pureza tende a diminuir provoca um aumento na cor do açúcar (FERNANDES, 2011).

Fibra representa a matéria insolúvel em água contida na cana. A porcentagem de fibra tem influência na eficiência de extração da moenda, quanto mais alto o teor de fibra, menor é a eficiência de extração. Devemos considerar, porém, que cultivares com baixos teores de fibra são mais susceptíveis a danos mecânicos por ocasião do corte e transporte, favorecendo a contaminação e as perdas na indústria. Além disso, canas com baixo teor de fibra estão sujeitas ao acamamento e a quebras pelo vento, e por conseguinte, maiores perdas de açúcares durante a lavagem (SANTOS et al., 2013).

O AR são açúcares redutores (principalmente glicose e frutose) da cana que participam de reações aumentando a sua cor, causando depreciação na sua qualidade. Os açúcares redutores estão ligados diretamente à pureza e maturação da cana (FERNANDES, 2011). O ATR é um dos parâmetros usados para pagamento de cana e representa a quantidade de açúcares redutores totais (ART) recuperada da cana até o xarope (FERNANDES, 2011).

2.4. Irrigação em cana-de-açúcar

O principal fator climático causador da oscilação na produtividade da cana-de-açúcar é a disponibilidade de água (BARBOSA, 2005), desta forma, o uso da irrigação em cultivos de cana apresenta o potencial de aumento de produtividade, uma vez que esta prática possibilita um suprimento adequado de água ao longo do ciclo de cultivo.

A irrigação objetiva a aplicação de água no solo, na quantidade certa e no devido momento, tendo como finalidade manter a umidade em níveis adequados de forma a favorecer o pleno desenvolvimento da cultura (MANTOVANI et al., 2009).Por outro lado, segundo os mesmos autores, a agricultura tem sido responsável por utilizar grande parcela de água, havendo necessidade de sistemas de irrigação mais eficientes, além de métodos que quantifiquem as necessidades hídricas das culturas de forma que não ocorram desperdícios.

No Brasil, áreas com cana-de-açúcar irrigada são pouco expressivas, representando menos de 5% da área total cultivada. Este fato se deve em grande parte a resistência da cultura a déficits hídricos e à localização geográfica dos cultivos, onde a estação chuvosa coincide com a fase de crescimento vegetativo e a fase de maturação coincide com o período seco (OLIVEIRA et al., 2013).

Os métodos de irrigação mais usados na cultura da cana-de-açúcar são aspersão, superfície e localizada. A irrigação da cana-de-açúcar traz diversos benefícios, como aumento de produtividade de colmo, aumenta o teor de sacarose, longevidade ao canavial, precocidade da colheita, baixo índice de tombamento,

facilidade na colheita mecanizada além de maior resistência a pragas e doenças (OLIVEIRA, et al., 2013).

Dentre as estratégias de manejo de irrigação aplicadas à cana-de-açúcar podemos destacar: irrigação de salvação, irrigação com déficit hídrico controlado, irrigação suplementar e irrigação plena (OLIVEIRA et al., 2013).

A irrigação de salvação consiste em duas a três aplicações de água ou vinhaça na cana-de-açúcar, planta ou soca, com intuito de garantir a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas. Nessa modalidade de aplicação não há o rigor de se atender plenamente a necessidade real de água da cultura. Recomenda-se uma única aplicação de geralmente 40 a 80 mm, em um mês, de água ou vinhaça para solos argilosos; para solos arenosos, pode-se aumentar o número de irrigações com diminuição da lâmina de água aplicada por vez (OLIVEIRA et al., 2013).

Na irrigação com déficit hídrico controlado atende-se parte da necessidade hídrica das plantas. Esse manejo pode ser aplicado em todo ciclo da cultura ou nas fases de desenvolvimento e maturação. Na irrigação suplementar, a aplicação de água é feita quando a necessidade hídrica da cultura é maior que a quantidade de água disponível no solo, por falta ou irregularidade das chuvas. Na irrigação plena são feitas aplicações de água de forma a suprir totalmente a necessidade da cultura. Esse tipo de manejo é pouco usual por ser mais oneroso (OLIVEIRA et al., 2013).

No manejo da cana-de-açúcar irrigada é de fundamental importância caracterizar as fases de desenvolvimento da cultura, a fim de possibilitar a aplicação adequada de água ao longo do ciclo. Dessa forma, pode-se dividir em quatro os estágios de desenvolvimento da cana de doze meses conforme a Tabela 2 (DUARTE, 2007).

TABELA 2. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar.

FASE DA CULTURA	DURAÇÃO DAS FASES (número de meses)
Germinação e emergência	1
Perfilhamento e estabelecimento da cultura	2 a 3
Desenvolvimento da cultura	6 a 7
Maturação	2

Fonte: Adaptado de DUARTE, 2007

O coeficiente cultural da cana-de-açúcar (Kc) é determinado de forma experimental para as várias culturas em estádios diferentes de desenvolvimento, sendo a relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) pela evapotranspiração de referência (ETo) (REICHARDT, 2004).

Na Tabela 3 são apresentados os valores dos coeficientes culturais (Kc) da cana soca nos seus estádios de desenvolvimento.

TABELA 3. Valores de Kc para cana-soca.

Idade da cana (meses)	Estágio de desenvolvimento	Kc
0 – 1,0	Do plantio até 25% de cobertura do solo	0,55
0 – 2,0	De 25 a 50% de cobertura do solo	0,80
2,0 - 2,5	De 50 a 75% de cobertura do solo	0,90
2,5 – 4,0	De 75 a 100% de cobertura do solo	1,00
4,0 - 10	Cobertura total do solo	1,05
10 - 11	Início da maturação	0,80
11 - 12	Maturação	0,60

Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

A profundidade efetiva do sistema radicular (Z) corresponde à profundidade onde estão contidas 80% das raízes das plantas. O seu valor varia com a cultura e estádio de desenvolvimento, com o tipo de solo e seu manejo, além do manejo da própria irrigação. Para a cultura da cana-de-açúcar, os seguintes valores de profundidade efetiva das raízes são recomendados: estádio I – 15 cm, estádio II – 27 cm, estádio III – 40cm (OLIVEIRA et al., 2013).

A cultura da cana-de-açúcar está geralmente estabelecida em regiões com precipitações entre 1.000 e 1500 mm ano^{-1}, porém podemos observar casos de 3.000 mm ano^{-1}como em Kunurra, na região nordeste da Austrália (ROBERTSON et al., 1997).

Segundo Doorenbos & Kassam (1979), a necessidade hídrica da cana-de-açúcar é de 1500 a 2500 mm por ciclo vegetativo, variando de clima, variedades, localização e solo, sendo o manejo da irrigação feito observando-se as tensões de água no solo, recomendadas para cada período do ciclo fenológico.

2.5. Florescimento da cana-de-açúcar

O florescimento da cana é influenciado por fatores como fotoperíodo, temperatura, umidade e radiação solar. No processo de formação da inflorescência é importante se identificar o período em que ocorre o estímulo para a modificação do meristema apical, que deixa de produzir folha e colmos, passando a formar a inflorescência. Esse estímulo pode durar de 18 a 25 dias (CASTRO, 2001).

O fotoperíodo é um dos principais fatores para que esse estímulo ocorra. No Hemisfério Sul os meses de fevereiro, março e abril são favoráveis ao estímulo e diferenciação do meristema apical para formação da inflorescência, e os meses de abril, maio e junho para o florescimento. Para o Hemisfério Norte a modificação do meristema apical ocorre nos meses de agosto, setembro e outubro e o florescimento, de outubro a janeiro (CASAGRANDE & VASCONCELOS, 2010).

No Centro-Sul do Brasil, o período favorável à indução do florescimento é entre 25 de fevereiro e 20 de março, sendo estabelecida por Pereira (1985), uma função para estimar a possibilidade de florescimento:

$L = 1{,}263 - 0{,}06764 * X_1 - 0{,}02296 * X_2$, em que:

X_1 = n° de dias com Temperatura mínima do ar ≥ 18 °C;
X_2 = n° de dias com Temperatura máxima do ar ≤ 31 °C;
$L < 0$ = florescimento; $L > 0$ = não florescimento.

Existe uma relação entre latitude e a data de floração de um clone específico de cana-de-açúcar, sendo que a floração retarda progressivamente das zonas tropicais para zonas temperadas, cerca de 2 dias para cada 1° de deslocamento do equador (MOORE & BERDING, 2014). Segundo Castro (1984), o fotoperíodo de 12 a 12,5 horas parece ser ideal para a maioria das cultivares, nas diferentes regiões do mundo, responderem ao florescimento.

Para a região onde se estabeleceu o experimento, à latitude 18º 18’ 13,60” S, o período favorável à indução do florescimento ocorre entre os dias 21 de fevereiro a 20 de março (equinócio de outono), levando-se em conta um fotoperíodo de 12 a 12,5 horas (Figura 1).

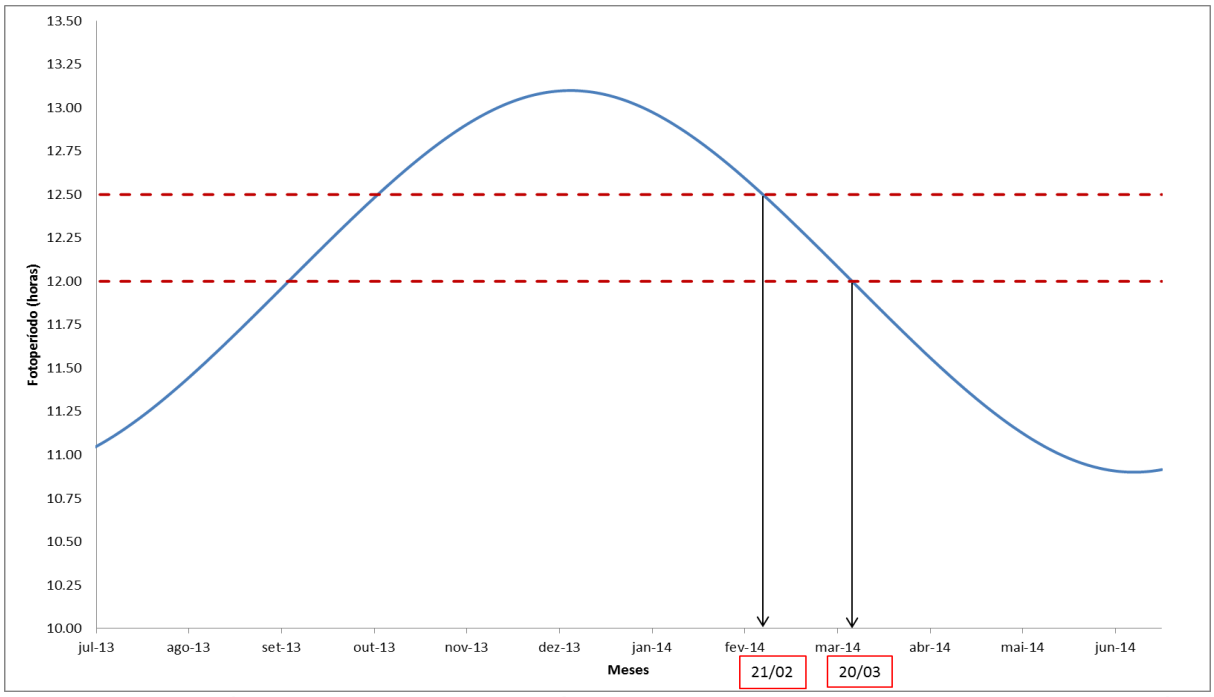

FIGURA 1. Gráfico indicativo do período fotoindutivo para o Estado do Espírito Santo, considerando-se um fotoperíodo favorável a indução de 12 a 12,5 horas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do local, clima e solo

O experimento foi conduzido, na safra 2013/2014, em uma área com cultivo comercial de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), espaçamento de 1,5 m entre linhas, implantada em 26 abril de 2009, quinto ciclo produtivo (quarta soca), variedade RB 86 – 7515, sendo esta a variedade mais plantada no Brasil (CHAPOLA et al., 2013). A área experimental está localizada na fazenda Atalaia, município de Pinheiros, norte do Espírito Santo, com latitude 18° 18’ 13,60” S, longitude 39° 59’ 41,44 W e altitude de 48 metros. O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo plano e suave ondulado (EMBRAPA, 2013). De acordo com Prado et al. (2003), esse é um dos cinco principais solos ocupados com cana-de-açúcar no centro-sul.

O clima da região segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado por clima tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas no verão. A precipitação média anual de 1.200 mm concentra-se entre os meses de novembro e janeiro. A temperatura do ar média anual é de 23°C, e as médias máximas e mínimas são de 29°C e 18°C, respectivamente (NÓBREGA et al., 2008).

Na Figura 2 são reportados os dados referentes à precipitação ocorrida durante o experimento, enquanto na Figura 3 são apresentadas as temperaturas máximas e mínimas que ocorreram durante este período em comparação com os dados registrados entre 2004 e 2013, pela Estação Meteorológica da DISA - Destilaria Itaúnas Sociedade Anônima.

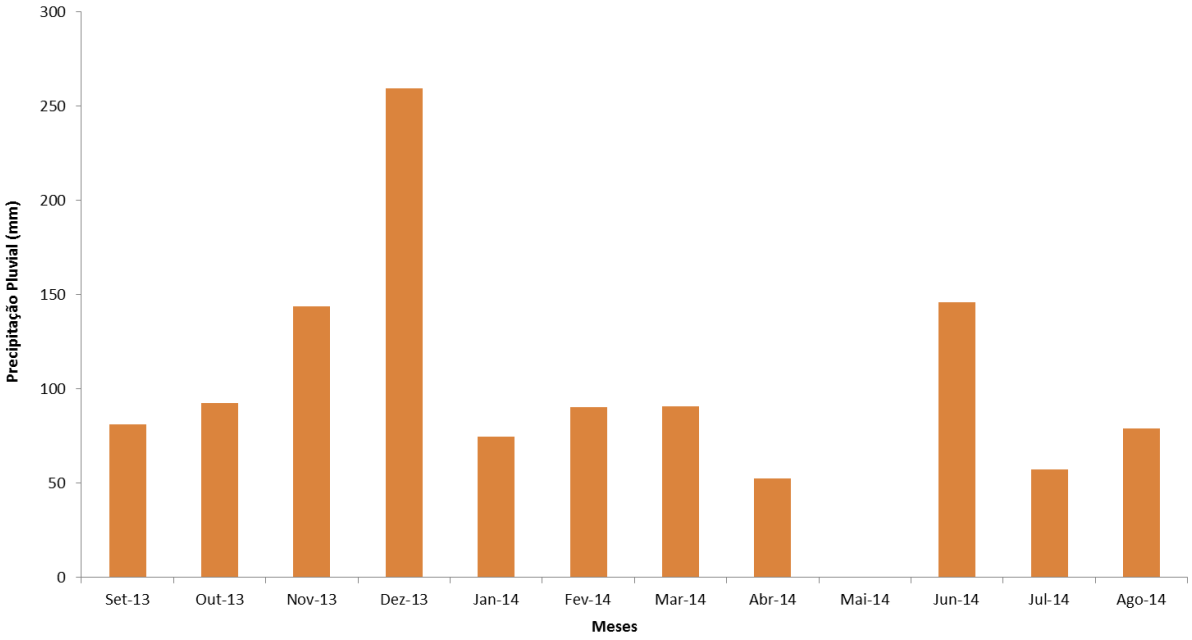

FIGURA 2. Precipitação ocorrida durante o período do experimento (2013 – 2014).

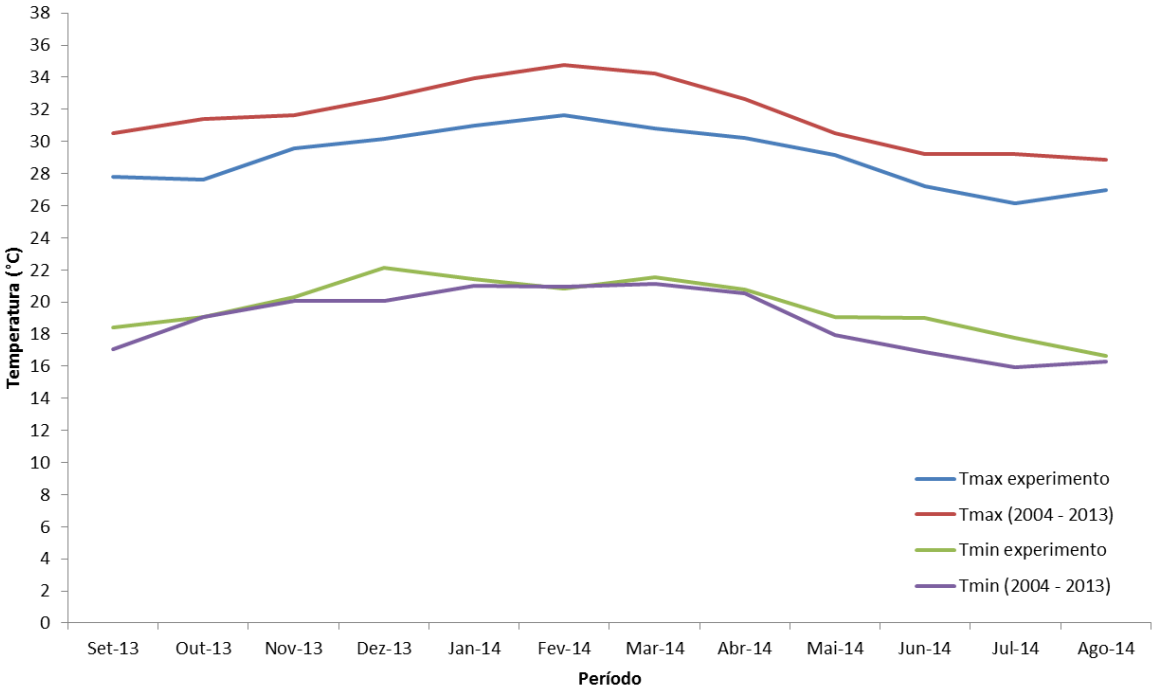

FIGURA 3. Comparativo das temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) do ar ocorridas durante o período do experimento (2013 e 2014), valores médios observados no período (2004 a 2013).

3.2. Instalação e condução do experimento

O experimento teve início em 26 de agosto de 2013, após a colheita mecanizada de uma área comercial de cana-de-açúcar de quarta soca. Foram realizadas inicialmente coletas de amostra de solo indeformadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm (profundidade efetiva do sistema radicular) para determinação da massa específica (Me), capacidade de campo (CC), ponto de murcha (PM), e nas mesmas profundidades, amostras deformadas para análise de textura e química segundo metodologia da Embrapa (1997), sendo as análises realizadas no Laboratório de Física e Química do Solo do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES).

Os resultados referentes às análises física, química e curva de retenção do solo, encontram-se dispostos nas Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente. A adubação aplicada na área foi de 500 kg ha^{-1} do formulado (NPK 20-00-20), conforme o Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo, 5ª aproximação (PREZOTTI et al., 2007). Esta adubação foi aplicada a lanço em 07/10/2013, quando a cultura encontrava-se aos 37 dias após o corte. A colheita foi realizada nos dias 26 e 27 de agosto de 2014, usando-se o corte manual e cana crua.

TABELA 4. Atributos físicos do solo.

Profundidade	CC[1]	PMP[2]	ME[3]	Argila	Areia	Silte	Classe textural
(cm)	(%vol)	(%vol)	(g cm^{-3})	(%)	(%)	(%)	
0-20	22,11	15,29	1,66	25,75	65,00	9,25	Franco argilo arenoso
20-40	26,45	20,17	1,65	39,5	50,25	10,25	Argilo arenoso

[1]Capacidade de campo a 10 kPa (Método do Aparelho Extrator de Richards); [2]Ponto de murcha permanente; [3]Massa específica do solo.

TABELA 5. Curva característica de retenção de água no solo.

Profundidade	Equação ajustada da curva da retenção de água
0-20	$\theta = 0{,}079+((0{,}192)/(1+(1{,}004\Psi)^{2{,}795})^{0{,}0466})$
20-40	$\theta = 0{,}168+((0{,}097)/(1+(0{,}0715\Psi)^{4{,}342})^{0{,}0521})$

θ = umidade volumétrica ($cm^3\ cm^{-3}$); Ψ = tensão matricial (kPa)

TABELA 6. Características químicas do solo da área experimental de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, realizada em outubro de 2013, na Fazenda Atalaia.

Camada	pH	MO[1]	P	K^+	Na^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}
	H_2O	dag kg^{-1}	.....mg dm^{-3}.....			.....$cmol_c\ dm^{-3}$.....	
0-20	4,8	1,7	15,8	15,0	15,0	1,2	0,3
20-40	4,7	0,7	3,5	47,0	12,0	1,1	0,2

Camada	Al^{+3}	H+Al	SB[2]	T[3]	t[4]	V[5]
	.....$cmol_c\ dm^{-3}$.....					(%)
0-20	0,5	2,6	1,6	2,1	4,2	37,0
20-40	0,4	1,8	1,5	1,9	3,3	44,6

[1]MO = matéria orgânica; [2]SB = soma de bases; [3]T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; [4]t = capacidade de troca catiônica efetiva; [5]V = saturação por bases.

3.3. Delineamento experimental

O experimento foi composto por blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e seis tratamentos, sendo estes: T5 (supressão da irrigação 30 dias antes da colheita), T4 (supressão da irrigação 60 dias antes da colheita), T3 (supressão da irrigação 90 dias antes da colheita), T2 (supressão da irrigação 110 dias antes da colheita), T6 (irrigação plena até a colheita), e T1 (testemunha - sem irrigação).

Cada bloco foi constituído de 6 parcelas de 9 m de largura (6,0 linhas de 1,5 m) por 6 m de comprimento útil, sendo consideradas como úteis as duas linhas centrais. Usou-se bordadura de 3 m na parte externa dos blocos, e bordadura de 9 m entre parcelas dos blocos e entre blocos, totalizando 4 blocos com 6 tratamentos

cada (24 parcelas). A área total do experimento foi de 5985 m² (105 x 57m). Na Figura 4 encontra-se uma imagem aérea da área com a delimitação da unidade experimental.

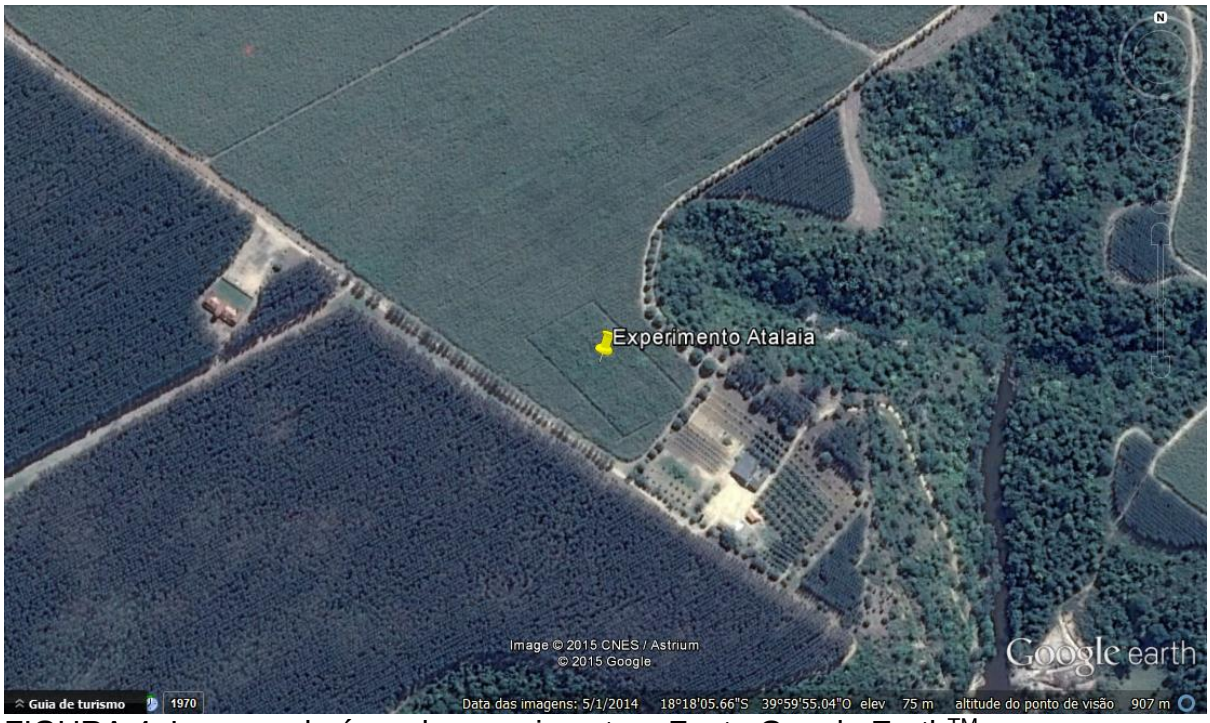

FIGURA 4. Imagem da área do experimento – Fonte:Google Earth™.

3.4. Caracterização da irrigação

As irrigações foram efetuadas empregando um sistema de irrigação por aspersão fixa. Cada parcela irrigada foi centralizada entre quatro aspersores com espaçamento 9 x 6 m, marca Plasnova modelo ½" BSP (Vermelho) diâmetro do bocal de 2,4 mm, de 280 L h^{-1} de vazão, pressão de serviço de 20 mca (196,1 kPa). A variação de pressão máxima permitida em cada bloco foi de 20% (BERNARDO et al., 2006). A altura dos aspersores acompanhou o desenvolvimento da cultura, sendo posicionados a 2 m de altura até os 4 meses e depois elevados para 4,5 metros.

Após a instalação do sistema de irrigação, determinou-se o coeficiente de uniformidade de aplicação de água de irrigação (coeficiente de Christiansen) segundo metodologia descrita por Bernardo et al. (2006), obtendo-se um coeficiente médio de 90%.

Para o tratamento não irrigado não foi efetuado nenhuma irrigação ao longo do ciclo, ou seja não foi efetuada a irrigação “de salvamento”, logo após o corte inicial, uma vez que essa prática não é usual entre os produtores da região.

A determinação da lâmina de irrigação, nos tratamentos irrigados, foi baseada no modelo de balanço hídrico, onde foram computadas as entradas e saídas de água no sistema considerando-se os estádios de desenvolvimento da cultura e suas respectivas demandas (Kc). A capacidade de armazenamento de água do solo foi determinada considerando-se os valores médios de capacidade de campo (Cc), ponto de murcha (Pm) e massa específica (Me) da área (tabela 5), e uma profundidade radicular final de 40 cm.

Para se determinar a evapotranspiração de referência (ETo), pelo método de Penmam-Monteith FAO 56, descrito por Allen et al. (1998), foram obtidos dados de 03 estações agrometeorológicas, da rede do INMET (Nova Venécia - A623, Serra dos Aymorés - A522 e São Mateus - A616) localizadas mais próximas da propriedade. O valor de ETo foi o interpolado pelo inverso do quadrado da distância, empregando o método preconizado por Saraiva (2014).

Para se determinar as entradas de água de chuva no sistema foi utilizado um pluviômetro de leitura indireta, instalado ao lado da área experimental. A lâmina inicial de água a ser aplicada via irrigação foi calculada a partir da umidade do solo obtida de amostras coletadas no local na profundidade efetiva do sistema radicular. A partir de então, o balanço hídrico foi calculado diariamente considerando o coeficiente cultural (Kc) para cada fase fenológica do ciclo da cana-de-açúcar, conforme Tabela 3. O desenvolvimento do sistema radicular da cultura foi ajustado considerando-se uma profundidade inicial de 15 cm com crescimento linear até atingir a profundidade constante de 40 cm, que ocorreu no terceiro mês após o corte. As irrigações foram efetuadas baseadas no manejo com turno de rega variável, admitindo um consumo de 50% da água disponível no solo entre irrigações.

Na Figura 5 são apresentados alguns equipamentos para controle da irrigação como: pluviômetro, manômetros e coletores para determinação da lâmina de irrigação.

FIGURA 5. Equipamentos utilizados no controle da irrigação.

3.5. Análises agronômicas

Foram avaliados os seguintes dados e características: Palhiço remanescente na área de estudo após a colheita mecanizada realizada antes de iniciar o experimento, número de perfilhos por metro, porcentagem de falha, comprimento do colmo (m), diâmetro do colmo (mm), número de entrenós, número de colmos florescidos e produtividade (Mg ha^{-1}). A biometria foi realizada segundo metodologia proposta por Martin e Landell (1995).

3.5.1. Caracterização das condições originais da área experimental

Na Figura 6 pode-se observar que a cobertura do solo pelo palhiço remanescente dos cortes anteriores da cana-de-açúcar e a rebrota, caracterizam

condições bem representativas das normalmente encontradas para o sistema de produção de cana-de-açúcar no Norte do Estado do Espírito Santo.

FIGURA 6. Adubação da área experimental

3.5.2. Palhiço remanescente

A quantidade de palhiço foi determinada seguindo a metodologia adaptada de Torrezan (2003), onde se utilizou um gabarito de madeira de 1m² de área, no centro das parcelas úteis de cada tratamento (Figura 7). Todo palhiço contido no gabarito foi cortado com auxílio de facão, recolhido ensacado e pesado. A partir destes valores, extrapolou-se para massa de palhiço por hectare.

FIGURA 7. Coleta do Palhiço.

Na Tabela 7 estão apresentados os dados da análise de variância correspondentes à quantidade de palhiço presente na área da unidade experimental, onde pode-se verificar a homogeneidade da distribuição do mesmo entre os

tratamentos, ou seja, não foram observadas diferenças significativas na quantidade de palhiço presente entre os tratamentos para um nível de significância de 5% pelo teste F.

TABELA 7. Análise de variância da variável palhiço (Mg ha^{-1})

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Blocos	3	100,072	33,357		
Tratamentos	5	134,043	26,809	2,76	0,058
Resíduo	15	145,703	9,714		
Total	23	379,818			
Média	13,842		CV (%)	22,516	

3.5.3. Porcentagem de falhas e perfilhos

A porcentagem de falhas foi determinada conforme metodologia proposta por Stolf (1982), onde 90 dias após o corte foram contabilizadas nas duas linhas centrais de 6 metros de todas as parcelas, as falhas acima de 50 cm.

Os perfilhos foram contados nas duas linhas centrais de cada parcela de todos os tratamentos, aos 150 dias após o corte, quando Diola & Santos (2010) afirmam ser o período de estabilização da população dos mesmos.

3.5.4. Canas florescidas

O florescimento foi avaliado contando-se as canas das duas linhas centrais já com emissão da panícula, fazendo-se a relação entre as canas com emissão de panícula sobre o total de colmos, multiplicado por 100.

3.5.5. Comprimento dos colmos

Para avaliar essa variável foram coletados dez colmos das duas linhas centrais de cada parcela. Cada um deles foi medido com uma trena. O comprimento médio dos colmos foi obtido a partir do cálculo da média simples do comprimento dos colmos avaliados. Estes feixes de dez colmos foram posteriormente encaminhados ao laboratório para as análises tecnológicas.

3.5.6. Diâmetro dos colmos

O diâmetro médio dos colmos foi calculado a partir da média simples. Este foi medido com um paquímetro digital no terço médio de todos os colmos dos feixes, constituídos por dez colmos, destinados à análise tecnológica.

3.5.7. Número de entrenós

Foram contados todos os entrenós de cada colmo avaliado e feito o cálculo da média simples obtendo-se o número médio de entrenós por colmo.

3.5.8. Produtividade (Mg ha^{-1})

A colheita dos colmos foi realizada manualmente nas duas fileiras centrais de 6m de comprimento em todos os tratamentos. Para se determinar as massas (kg) de cada parcela utilizou-se um dinamômetro centralizado em tripé, em seguida a produção referente à 18m^2 (2 x 6 x 1,50 m), foi transformada em massa por hectare (Mg ha^{-1}).

Imagens das mensurações de variáveis biométricas, a saber, peso de colmos, número de canas florescidas, comprimento, diâmetro e número de entrenós dos colmos são apresentadas na Figura 8.

FIGURA 8. Avaliação das variáveis biométricas. a) Massa dos colmos; b) colmos florescidos; c) diâmetro dos colmos; d) identificação das amostra

3.6. Análises da qualidade da cana-de-açúcar

Os dez colmos retirados nas duas linhas centrais de cada parcela, foram organizados em feixes. As amostras de colmo foram analisadas no Laboratório Industrial da Usina ALCON - Companhia de Álcool Conceição da Barra. A

metodologia para execução das análises de qualidade da cana-de-açúcar foi feita conforme o Manual de Instruções de Análise de Qualidade da Cana, Açúcar e Álcool do (CONSECANA, 2006).

As análises de brix e pol foram feitas pelo método da prensa hidráulica. Após o desfibramento das canas contidas nos feixes retirados de cada tratamento, fez-se a homogeneização do bagaço. Foi então retirado de cada um deles uma amostra de 500 g que foi levada à prensa hidráulica para determinar o peso do bagaço úmido e retirar o caldo para leitura do brix e pol das amostras.

A amostra foi comprimida por 1 minuto em uma prensa hidráulica com pressão constante de 24,5 MPa. A parte fibrosa resultante da prensagem foi pesada para fornecer a massa do bolo úmido (MBU), pesada em balança analítica de 500 g, com precisão de 0,5 g. O caldo retirado das amostras foi dividido em duas partes, uma para a leitura do brix por meio de refratômetro digital, e a outra para a leitura da pol. Os três resultados obtidos no laboratório, MBU, brix e pol, servem de base para a apuração da qualidade da cana (CONSECANA, 2006).

3.6.1. Brix do caldo

O Brix (teor de sólidos solúveis por cento, em peso, de caldo) foi medido em refratômetro digital marca ATAGO modelo RX 5000 CX, de leitura automática, com correção automática de temperatura, com resolução máxima de 0,1º Brix (um décimo de grau brix), sendo o valor final expresso a 20ºC (vinte graus Celsius), conforme orientações Manual do CONSECANA (2006).

3.6.2. Pol do caldo

A Pol do caldo (porcentagem de sacarose aparente, em peso do caldo) é determinada pela capacidade que os açúcares têm de desviar a luz polarizada em uma única direção, sendo medida por métodos sacarimétricos (polarímetros ou sacarímetros).

A pol do caldo extraído (S) é calculada por:

S = (1,00621 x Lal + 0,05117) x (0,2605 – 0,0009882 x B), em que:

Lal = leitura sacarimétrica obtida com mistura clarificante á base de alumínio;
B = brix do caldo.

3.6.3. Massa do bolo úmido

A massa do bolo úmido (MBU) foi obtida em balança eletrônica, marca DIGIMED modelo DG 5000, após prensagem.

3.6.4. Massa do bolo seco

Obtido em balança eletrônica depois de seco em estufa a mais ou menos 105°C de 8 a 12 horas (FERNANDES, 2011).

3.6.5. Fibra da cana-de-açúcar

A fibra é a matéria seca insolúvel em água contida na cana-de-açúcar. Foi determinada em função do brix do caldo extraído da prensa hidráulica, massa do bolo (bagaço) úmido (MBU) e massa do bolo seco (MBS), conforme (FERNANDES, 2011). Descrito no Brasil como “Método da fibra Tanimoto”:

F = [(100 x MBS) – (MBU x B)] / [5 x (100 – B)], em que:

MBU = massa do bolo úmido da prensa, em gramas;
MBS = massa do bolo seco em estufa, em gramas;
B = brix do caldo.

3.6.6. Cálculos do coeficiente “C”

O coeficiente “C” é utilizado para transformação da pol do caldo extraído pela prensa (S) em pol da cana (PC) e é calculado pela seguinte fórmula:

C = 1,0313 – 0,00575 x F, em que:

F = fibra da cana.

3.6.7. Pol da cana

A Pol na cana é obtida em função da Pol no caldo extraído pela prensa multiplicado pela fibra e pelo coeficiente “C” que transforma a Pol do caldo (S) extraído em Pol Cana (PC):

PC = S x (1 – 0,01 x F) x C, em que:

S = pol do caldo;
F = fibra da cana;
C = coeficiente de transformação do caldo.

3.6.8. Pureza

A Pureza (Q) é a porcentagem de sacarose (Pol) contida nos sólidos solúveis (Brix), sendo o principal indicador de maturação da cana-de-açúcar.

Q = 100 x S / B, em que:

S = pol do caldo;
B = brix do caldo.

3.6.9. Açúcares redutores do caldo

Os açúcares redutores (AR) principais encontrados na cana são principalmente, glicose e frutose. Eles são os principais precursores da cor mais escura no processo industrial.

AR% caldo = 3,641 – 0,0343 x Q, em que:

Q = pureza aparente do caldo, expressa em porcentagem.

3.6.10. Açúcares redutores da cana

Calculado pela seguinte fórmula:

AR% cana = AR % caldo x (1-0,01 x F) x C, em que:

AR% caldo = açúcares redutores do caldo;
C = coeficiente transformação do caldo.

3.6.11. Açúcares redutores totais do caldo

Os açúcares redutores totais também chamados de açúcares totais representam todos os açúcares contidos na cana na forma redutora ou de açúcar invertido. São calculados pelas seguintes fórmulas:

ART% caldo = (pol do caldo / 0,95) +AR% do caldo

3.6.12. Açúcares redutores totais da cana

Obtidos pela equação:

ART% cana = ART% do caldo x (1 – 0,01 x F) x C

3.6.13. Açúcares totais recuperáveis

Conhecendo-se a Pol da cana (PC) e os açúcares redutores da cana (AR% cana), o ATR é calculado pela equação:

ATR = 10 x PC x 1,05263 x 0,915 + 10 x AR% cana x 0,915

ou, ATR = 9,6316 x PC x 9,15 x ARC, em que:

10 x PC = pol por Mg de cana;

1,05263 = coeficiente estequiométrico para conversão de pol em açúcares redutores;

0,915 = coeficiente de recuperação, para uma perda industrial, de 8,5%;

10 x AR% cana = açúcares redutores por megagrama da cana.

3.6.14. Álcool 100% (L Mg^{-1}) [provável]

ALC 100% = ART % da cana x 10 x 0,5641, em que:

0,5641(fator de conversão para álcool 100%);

ART% cana x 10 = ART por mg^{-1} de cana, considerando-se:

0,88 (88% rendimento prático no processo de fermentação);

0,99 (99% rendimento prático no processo de destilação);

0,6475 (rendimento teórico álcool a 100%).

3.6.15. Álcool (L ha^{-1})

ALC L/ha = Produtividade (Mg ha^{-1}) x ALC100% (L ha^{-1})

Na Figura 9, pode-se visualizar algumas etapas do processo de avaliação das variáveis tecnológicas como: desfibramento, prensagem, massa do bolo úmido, leitura do Brix, e da pol.

FIGURA 9. Coleta de Dados / Análises Laboratoriais

3.7. Análises estatísticas

Os dados referentes às características agronômicas e tecnológicas foram submetidos à análise de variância e ao teste de Dunnett ao nível de 5% de

probabilidade ($p<0,05$), onde fez-se o comparativo da média do tratamento testemunha (T6) com as médias dos demais tratamentos, utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições experimentais, o fotoperíodo aliado às temperaturas máxima e mínima observadas ofereceram condições favoráveis ao florescimento da cana (Figura 10). Com base nas Tmax e Tmin observadas no período indutivo determinado para o Centro-Sul, observa-se que ocorreram 23 dias com Tmin ≥ 18°C e 9 dias com Tmax ≤ 31°C, cujos valores submetidos a função apresentada por Pereira (1985), destacada na metodologia, indicou condição indutiva ao florescimento. A Figura 10 refere-se ao gráfico demonstrativo de Tmax e Tmin e

fotoperíodo ocorridos durante o período experimental comparadas as Tmax e Tmin de 2004 a 2013.

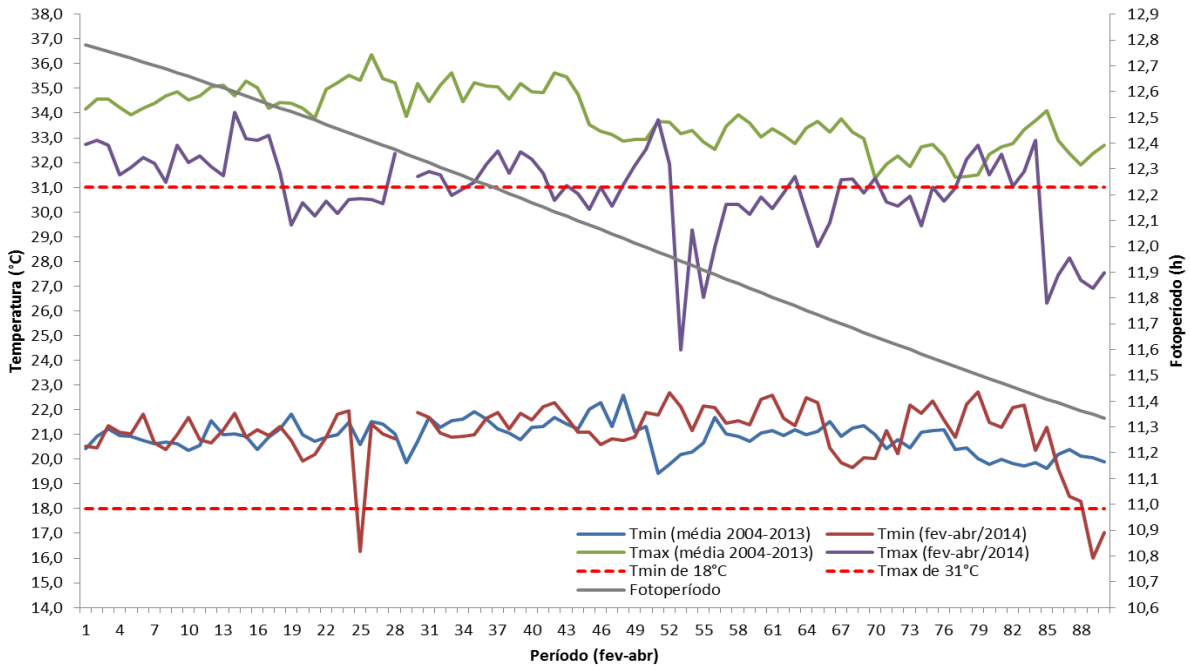

FIGURA 10. Comparativo de Tmax e Tmin e fotoperíodo ocorridos durante o experimento, dados INMET, com as médias fornecidas pela DISA no período de 2004 a 2013.

A precipitação ocorrida, total de 1165 mm, durante o experimento esteve acima da precipitação provável a 75% de probabilidade, total de 930 mm, e próximo à precipitação provável a 50% de probabilidade, total de 1210 mm (Figura 11). Estes valores superiores de precipitação podem também favorecer ao florescimento uma vez que a ocorrência de deficiência hídrica, durante o período indutivo, reduz o florescimento (ALMEIDA, 1945, apud CHRISTOFFOLETI, 1986; BERDING, 1995). A Figura 11 apresenta à precipitação ocorrida no período experimental entre setembro de 2013 e agosto de 2014 comparadas as médias mensais de 2004 a 2013 fornecidas pela estação meteorológica da destilaria Disa.

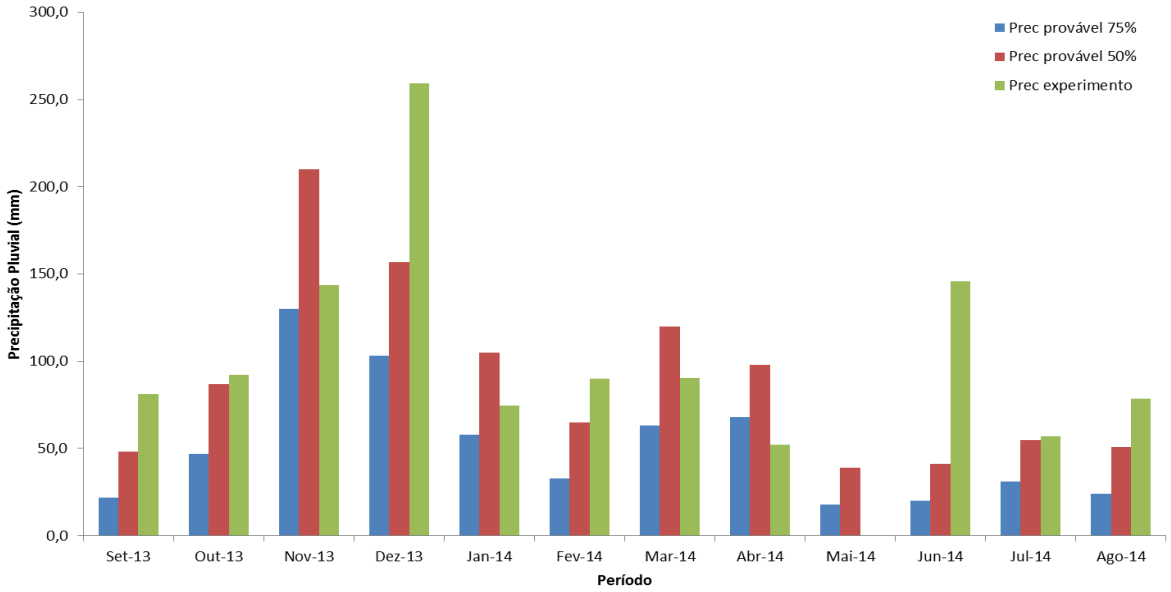

FIGURA 11. Comparativo de precipitação ocorrida durante o experimento com as médias mensais fornecidas pela DISA no período de 2004 a 2013.

Na Figura 12 encontram-se representadas a precipitação ocorrida durante o período de supressão de irrigação para os tratamentos T2, T3, T4 e T5, respectivamente 110, 90, 60 e 30 dias antes da colheita.

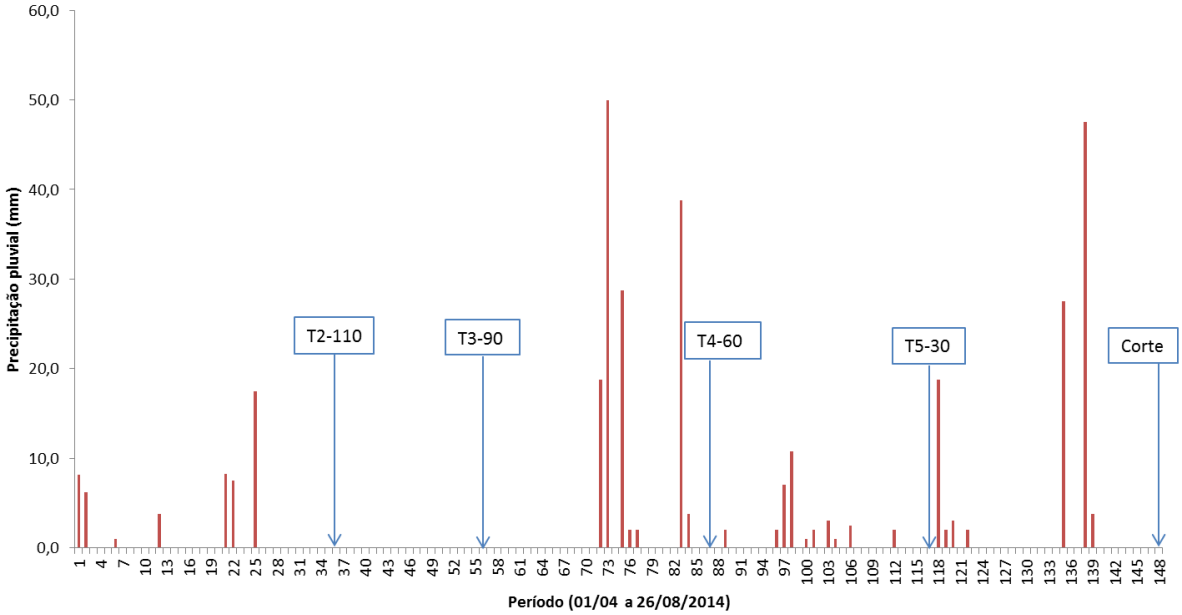

FIGURA 12. Precipitação ocorrida durante o período de supressão 01 de abril a 26 de agosto de 2014.

Todos os tratamentos apresentaram florescimento dos colmos (Tabela 11), sendo que o tratamento não irrigado (T1) apresentou o menor nº de colmos florescidos (60%), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos irrigados.

Conforme Almeida et al. (1945), os colmos que florescem numa touceira são por via de regra os mais velhos, os mais grossos, mais desenvolvidos, mais pesados, menos atacados pela broca e os mais ricos de caldo, motivos pelos quais muitas vezes encontra-se nas condições imediatas ao florescimento maior massa, maior volume de caldo e caldo mais puro nas canas florescidas.

Gosnell & Long (1973, apud IAIA et al.,1985) questionam se seria o florescimento a causa de melhores qualidades da cana-de-açúcar florescida, ou se seria o fato de colmos florescidos serem geralmente os primários, mais velhos e maduros e com melhor qualidade que os secundários e terciários não florescidos, daí a necessidade de se comparar colmos de mesma idade.

De acordo Moore (1987), pesquisas mostraram que áreas onde o fotoperíodo e a temperatura raramente inibiam o florescimento na cana-de-açúcar, a variação da intensidade de florescimento entre alguns anos foi resultado de oscilações nas precipitações anuais.

Segundo Rodrigues (1995) o florescimento pode ser evitado pelo manejo da água podendo apenas ser utilizado em regiões onde ocorrem verões e outonos pouco chuvosos, o que pode tornar este método impraticável em muitas regiões. O estresse hídrico deve ser imposto durante os três meses anteriores à indução floral.

Os valores das lâminas de água aplicadas via irrigação para cada tratamento, a precipitação efetiva, a entrada total de água no solo, e o déficit de água, estão dispostos na Tabela 8.

Mesmo no tratamento com irrigação plena (T6), houve um déficit hídrico acumulado de 262 mm. A razão da ocorrência do déficit hídrico acumulado nos tratamentos, nos diferentes ciclos de irrigação, ocorreu em função do manejo de água de irrigação adotado admitir um consumo de 50% da água disponível no solo, o que leva a uma redução da evapotranspiração real da cultura (ETrc) em relação à evapotranspiração da cultura (ETc).

Observa-se que o déficit hídrico acumulado elevou o seu valor à medida que se aumentou o período com supressão da irrigação. Para o período de 30 dias de supressão (T5), o déficit hídrico aumentou 12 mm em relação ao tratamento com irrigação plena (T6). Para os tratamentos irrigados o maior déficit hídrico foi observado, como esperado, para o tratamento com supressão de 110 dias, onde houve um aumento de 94 mm em comparação com T6.

O déficit hídrico acumulado foi ainda maior na comparação entre os tratamentos T1 (testemunha) e T6, verificando-se neste caso, uma diferença de 448 mm.

Vale ressaltar ainda um maior déficit hídrico que o esperado, mesmo nos tratamentos irrigados, para o mês de janeiro, superior ao valor observado para os outros meses de verão, isto ocorreu em razão da necessidade de reparos emergenciais no sistema de bombeamento.

O valor da lâmina total de água recebida no tratamento T4, 60 dias de supressão, de 1432 mm, aproxima-se do resultado obtido por Vieira (2012), em estudo de épocas de supressão de irrigação em cana soca de 2º ciclo, cultivar RB 86 – 7515, na região de Jaíba – MG, que obteve em 51 dias de supressão antes da colheita, 1462 mm.

TABELA 8**.** Quantidades totais de água aplicadas em cada tratamento durante os meses de setembro/2013 a agosto/2014.

Tratamento	T5	T4	T3	T2	T6	T1
	.....Precipitação efetiva (mm).....					
Set/13	24,93	24,93	24,93	24,93	24,93	26,10
Out/13	46,00	46,00	46,00	46,00	46,00	47,56
Nov/13	67,84	67,84	67,84	67,84	67,84	115,11
Dez/13	74,51	74,51	74,51	74,51	74,51	92,84
Jan/14	67,05	67,05	67,05	67,05	67,05	71,41
Fev/14	76,69	76,69	76,69	76,69	76,69	87,17
Mar/14	78,85	78,85	78,85	78,85	78,85	90,50
Abr/14	34,35	34,35	34,35	34,35	34,35	44,25
Mai/14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jun/14	40,51	40,51	69,63	69,65	40,51	67,59
Jul/14	53,36	55,50	55,50	55,50	52,35	57,00
Ago/14	39,21	41,75	41,75	41,75	11,87	41,93
Total ciclo	603,30	607,97	637,10	637,12	574,95	741,46
	.....Lâmina de irrigação aplicada (mm).....					
Set/13	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00
TABELA 8. Continuação						
Out/13	66,86	66,86	66,86	66,86	66,86	0,00

Nov/13	121,29	121,29	121,29	121,28	121,29	0,00
Dez/13	26,78	26,78	26,78	26,78	26,78	0,00
Jan/14	119,00	119,00	119,00	119,00	119,00	0,00
Fev/14	110,08	110,08	110,08	110,08	110,08	0,00
Mar/14	71,40	71,40	71,40	71,40	71,40	0,00
Abr/14	95,20	95,20	95,20	95,20	95,20	0,00
Mai/14	159,16	159,16	129,41	47,6	159,16	0,00
Jun/14	59,50	44,63	0,00	0,00	59,50	0,00
Jul/14	22,31	0,00	0,00	0,00	52,06	0,00
Ago/14	0,00	0,00	0,00	0,00	29,75	0,00
Total ciclo	861,57	824,39	750,01	668,20	921,07	0,00
	.....Lâmina total de água recebida (mm).....					
Set/13	34,93	34,93	34,93	34,93	34,93	26,10
Out/13	112,86	112,86	112,86	112,86	112,86	47,56
Nov/13	189,13	189,13	189,13	189,12	189,13	115,11
Dez/13	101,29	101,29	101,29	101,29	101,29	92,84
Jan/14	186,05	186,05	186,05	186,05	186,05	71,41
Fev/14	186,77	186,77	186,77	186,77	186,77	87,17
Mar/14	150,25	150,25	150,25	150,25	150,25	90,50
Abr/14	129,55	129,55	129,55	129,55	129,55	44,25
Mai/14	159,16	159,16	129,41	0,00	159,16	0,00
Jun/14	100,01	85,13	69,63	69,65	100,01	67,59
Jul/14	75,67	55,50	55,50	55,50	104,41	57,00
Ago/14	39,21	41,75	41,75	41,75	41,62	41,93
Total ciclo	1464,87	1432,36	1387,11	1257,70	1496,02	741,46
	.....Déficit hídrico (mm).....					
Set/13	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25	20,27
Out/13	27,59	27,59	27,59	27,59	27,59	45,09
Nov/13	10,87	10,87	10,87	10,87	10,87	38,10
Dez/13	30,70	30,70	30,70	30,70	30,70	43,95
Jan/14	61,46	61,46	61,46	61,46	61,46	103,52
Fev/14	24,63	24,63	24,63	24,63	21,43	111,16

TABELA 8. Continuação

Mar/14	26,10	26,10	26,10	26,10	26,10	65,45
Abr/14	29,02	29,02	29,00	29,02	29,02	80,68
Mai/14	23,56	23,56	23,56	58,85	23,56	117,82
Jun/14	6,62	8,39	25,22	38,20	6,62	42,47
Jul/14	8,35	20,88	20,88	20,88	7,71	25,49
Ago/14	13,53	16,33	16,33	16,33	5,65	15,83
Total ciclo	273,66	290,76	307,57	355,86	261,94	709,83

4.1. Análises agronômicas

4.1.1. Porcentagem de falhas

Na Tabela 9 estão apresentados os dados referentes à análise de variância das porcentagens de falhas nas duas linhas centrais das parcelas. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos irrigados e o não irrigado, isto se deu em razão da umidade existente na ocasião do corte e das precipitações ocorridas na fase inicial do novo ciclo de cultivo.

TABELA 9. Análise de variância da variável falha (%)

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Blocos	3	17,708	5,903		
Tratamentos	5	9,624	1,925	1,176	0,366
Resíduo	15	24,555	1,637		
Total	23	51,887			
Média	1,163		CV (%)	110,061	

4.1.2. Número de perfilhos

Os perfilhos foram contados nas duas linhas centrais de cada parcela de todos os tratamentos aos 150 dias após o corte estando os valores apresentados na Tabela 10. De maneira similar as falhas, também para esta variável não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos irrigados e o não irrigado, provavelmente em razão das precipitações ocorridas na fase inicial do novo ciclo de cultivo (Figura 11).

TABELA 10. Análise de variância da variável perfilhos (Perfilhos m^{-1})

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Blocos	3	10,075	3,358		
Tratamentos	5	3,167	0,633	0,552	100,0
Resíduo	15	17,208	1,147		
Total	23	30,450			
Média	12,929		CV (%)	8,284	

4.1.3. Comprimento, diâmetro do colmo, número de entrenós, colmos florescidos e produtividade

Com relação à variável comprimento do colmo (Tabela 11), observou-se que todos os tratamentos apresentaram resultado superior ao da testemunha (T1), sendo que os tratamentos (T3) e (T6) se destacaram, pois neles houve diferença estatisticamente significativa.

TABELA 11. Comparação entre as médias dos diferentes tratamentos em relação à testemunha, considerando as variáveis agronômicas (Comprimento do Colmo,

Diâmetro do Colmo, Número de entrenós, Canas Florescidas e produtividade) no cultivo de cana-de-açúcar no município de Pinheiros - ES.

Tratamentos (supressão Irrigação)	Variáveis Agronômicas				
	CCol (m)	DC (mm)	NE	CF(*) (%)	Prod (Mg ha^{-1})
T1 (test)	2,90^{a}	29,20^{a}	20,83^{a}	60,00^{a}	59,29$^{a(1)}$
T2 (110)	3,09^{a}	29,36^{a}	21,18^{a}	90,00^{b}	62,91^{a}
T3 (90)	3,19^{b}	29,16^{a}	22,43^{a}	75,00^{a}	59,04^{a}
T4 (60)	3,10^{a}	28,47^{a}	21,10^{a}	75,00^{a}	62,09^{a}
T5 (30)	3,05^{a}	28,75^{a}	21,05^{a}	85,00^{a}	63,03^{a}
T6 (irr. Plena)	3,20^{b}	28,62^{a}	20,50^{a}	82,50^{a}	77,77^{b}
CV(%)	4,53	3,26	4,85	18,63	11,45

(1) Médias seguidas da mesma letra a na coluna, não diferem da testemunha (T1) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade ($p<0,05$).
(*)Prod = produtividade; CCol = comprimento do colmo; DC = diâmetro do colmo; NE = número de entrenós; CF = canas florescidas.

Concordando com outros resultados em que o estresse hídrico acarretou em um menor crescimento das plantas, como apresentado nos estudos de Dias et al. (2012), que verificaram menor altura de plantas em tratamentos não irrigados; Silva et al. (2008) também constataram que a altura de colmos é uma variável altamente responsiva ao déficit hídrico, Inman-Bamber (2004) destaca que em cana-de-açúcar, o crescimento das plantas sofre influência do déficit hídrico por restrições tanto na divisão quanto no alongamento celular e ainda Shigakiet al. (2004), ressalta que a disponibilidade hídrica do solo é fator determinante pela maior elongação dos entrenós, que resulta em maiores plantas em condições favoráveis ao crescimento vegetal.

Na variável diâmetro do colmo, não houve diferença estatística dos tratamentos em relação à testemunha, concordando com Oliveira et al (2011), que estudando duas variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes épocas de supressão e níveis de adubação, observaram que essa variável é pouco influenciada pelo meio sendo dependente das características varietais.

Os resultados para a variável número de entrenós não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, mostrando que a deficiência hídrica não interferiu nessa variável, justificando a igualdade entre os tratamentos. Semelhantemente, Arantes (2012) estudando o potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob

os manejos irrigado e sequeiro não observou diferença estatística para cultivar e regime hídrico.

Houve diferença estatística significativa para a variável produtividade entre o tratamento com irrigação plena (T6) e a testemunha (T1 - não irrigado) ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett, resultado esse corroborado por Arantes (2012), que obteve maiores produtividades em tratamentos irrigados, quando comparados aos sequeiros. Santana (2012) estudando cinco lâminas de irrigação em seis variedades de cana-de-açúcar em Jaíba, Norte de Minas constatou produtividades entre 64,41 Mg ha^{-1} e 184 Mg ha^{-1} quando se utilizou a menor lâmina de irrigação (271mm) e a maior lâmina de irrigação (1351mm).

4.2. Análises da qualidade da cana-de-açúcar

Os valores referentes às variáveis tecnológicas encontram-se apresentados na Tabela 12.

TABELA 12. Comparação entre as médias dos diferentes tratamentos em relação à testemunha, considerando as variáveis tecnológicas no cultivo de cana-de-açúcar no município de Pinheiros-ES

Variáveis tecnológicas	Tratamentos (supressão de irrigação)						
	T1(test)	T2(110)	T3(90)	T4(60)	T5(30)	T6(ir. Pl)	CV(%)
Brix(*) (%) cal	21,88 a	21,05 b	21,88 a	22,03 a	21,68 a	21,98a(1)	1,65
Pur (%)	88,02 a	89,76 a	88,31 a	81,96 b	83,56 b	83,09 b	3,56
Fb (%)	10,61 a	11,73 b	11,84 b	11,29 a	11,44 a	10,94 a	4,79
Pol (%) cal	19,25 a	18,29 a	19,32 a	18,04 a	18,11 a	18,25 a	4,71
Pol (%) can	16,70 a	15,56 a	16,41 a	15,47 b	15,48 b	15,75 a	5,03
AR (%) cal	0,62 a	0,67 a	0,61 a	0,83 b	0,78 b	0,79 b	14,51
AR (%) can	0,54 a	0,57 a	0,52 a	0,71 b	0,66 a	0,68 b	14,22
ART(%) cal	20,89 a	19,92 a	20,95 a	19,82 a	19,83 a	20,00 a	4,04
ART(%) can	18,12 a	16,94 a	17,80 a	16,99 b	16,96 b	17,26 a	4,38

TABELA 12. Continuação

ATR(kg mg^{-1})	165,77[a]	155,03[a]	162,84 [a]	155,50 [b]	155,20 [b]	157,89 [a]	4,38
ALC (L Mg^{-1})	102,22[a]	98,13 [a]	100,38 [a]	95,87 [b]	95,68 [b]	97,34 [a]	3,20
ALC (L ha^{-1})	6060 [a]	6173 [a]	5926 [a]	5953 [a]	6030 [a]	7570 [b]	11,14

[(1)]Médias seguidas da letra a na linha, não diferem da testemunha (T6) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade ($p<0,05$).
(*) Brix cal = brix do caldo; Pur = pureza; Fb = fibra; Pol cal = pol do caldo; Pol can = pol da cana; AR cal = açúcares redutores do caldo; AR can = açúcares redutores da cana; ART cal = açúcares redutores totais do caldo; ART can = açúcares redutores totais da cana; ATR = açúcares totais recuperáveis; ALC = álcool provável e; ALC = litros por ha.

Para a variável Brix% do caldo o tratamento T2 apresentou o menor valor quando comparado aos demais tratamentos. Stehle (1955) mostra que em anos com alto florescimento a sacarose, o brix, pol e pureza são menores que em anos com baixo florescimento.

Para a variável pureza os tratamentos T5, T4 e T6 apresentam menor pureza que o tratamento T1, mas valores semelhantes aos deste trabalho foram encontrados por Santana (2012), que verificou valores entre 81,14 e 87,13% para essa variável, o que evidencia matéria prima de boa qualidade apesar de apresentarem inferiores ao tratamento T1.

Para a variável fibra o tratamento T1 apresentou a menor porcentagem de fibra em relação aos tratamentos T3 e T2 que apresentaram elevado florescimento. De acordo com Gururaja Rao & Naresh Kumar (2003), as menores porcentagens de fibra foram encontradas nas variedades não floríferas comparadas as que floresceram. Corroborando com esses resultados Tasso Junior et al. (2003), encontraram resultados semelhantes com a cultivar SP80 – 1842 de maturação precoce e florífera, estudando a variação genotípica de 6 cultivares de cana.

A variável Pol% cana apresentou valores menores para os tratamentos T5 e T4, quando comparada ao tratamento T1. Segundo Almeida et al. (2005), o florescimento prejudica o acúmulo de sacarose.

Com relação a variável AR% caldo os tratamentos T5, T4 e T6 diferiram significativamente da testemunha T1 apresentando AR superior aos demais tratamentos. Silva Neto et al. (2010), estudando a influência do florescimento e grau de isoporização na qualidade de variedades de cana-de-açúcar no meio de safra, observou a mesma tendência para as variedades que mais floresceram e isoporizaram.

Com relação a variável AR% cana houve diferença estatística para mesma entre os tratamentos T4 e T6 e a testemunha T1, indicando que T4 e T6 apresentaram menor maturidade quando comparados ao T6, sendo que os valores encontrados foram inferiores a 0,8%, valor este citado por Santos et al. (2013) como limite superior recomendado para esta variável indicativa da cor do açúcar e pureza da cana.

A variável ART% da cana foi estatisticamente inferior para os tratamentos T5 e T4, mas apresentaram-se próximos da faixa de 13 a 17,5%, preconizada como aceitável por Santos et al. (2013).

Para a variável ATR (kg Mg^{-1}) que representa os açúcares totais recuperáveis, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos T5 e T4 e tratamento T1 ao nível de 5%, resultado este comprovado por Tasso Júnior et al. (2009), que estudando seis cultivares de cana-de-açúcar comprovaram queda nos teores de Pol% cana, ATR e Pureza nos colmos florescidos e isoporizados quando comparados aos de menores percentuais de florescimento e isoporização.

Com relação a variável álcool 100% (L Mg^{-1}), os tratamento T5 e T4 apresentaram os menores valores quando comparados ao tratamento T6, valores semelhantes foram encontrados por Oliveira (2011), no estudo dos efeitos das diferentes épocas da supressão e níveis de adubação em duas variedades de cana.

Para a variável álcool (L ha^{-1}) o tratamento com irrigação plena T6 obteve maior valor quanto comparado à testemunha T1, resultado esse corroborado pela estimativa da safra 2013/2014 apresentada pela ÚNICA para todo Brasil em que a quantidade de álcool por hectare foi de 6020 L ha^{-1} para uma produtividade 77,77 Mg ha^{-1}, sendo este valor próximo de 7563 L ha^{-1}para mesma produtividade para o tratamento T6, e de 4635 L ha^{-1} para o tratamento T1. Segundo Figueiredo et al. (1995) em estudo da interação entre efeitos de espaçamento, variedades e intensidade de capinas, verificaram valor de 7100 L ha^{-1} para o tratamento 100% capinado para a variedade RB72 – 454.

5. CONCLUSÕES

A precipitação pluvial, o fotoperíodo e a temperatura induziram ao florescimento da cana-de-açúcar, o que modificou as características agronômicas e tecnológicas avaliadas. Além do florescimento, as precipitações ocorridas no período minimizaram os efeitos da supressão no experimento.

A partir dos dados avaliados em relação às variáveis tecnológicas, verificou-se que após o florescimento da cana o manejo da irrigação não produzirá os resultados desejáveis para um bom rendimento industrial (ATR, BRIX, Pol, Pureza, Fibra, AR, ART e Álcool).

Quanto às variáveis agronômicas foi possível observar benefícios da irrigação em relação à produtividade do tratamento com irrigação plena (T6) e o comprimento do colmo dos tratamentos irrigados comparados à testemunha. Porém, os tratamentos irrigados apresentaram também maior número de colmos florescidos em relação à testemunha.

Diante dos resultados obtidos conclui-se que as condições climáticas ocorridas durante o período do experimento não permitiram avaliar qual a melhor época para a supressão da irrigação na cultura da cana-de-açúcar.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration:** guidelines for computing crop requirements. Roma: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, J.C.V.; LEITE, C.F.; SOUZA, J.R.P. Efeitos de maturadores nas características tecnológicas da cana-de-açúcar com e sem estresse hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, n.4, p.441-448, 2005.

ALMEIDA, J.R.; VALSECHI, O.; PIMENTEL GOMES, F. O florescimento da cana de açúcar. **Anais** da E. S. A. "Luiz de Queiroz", da U.S.P., v.2, p.45-117, 1945.

ARANTES, M.T. **Potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob os manejos irrigado e sequeiro**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2012.

ASSIS, P.C.O.; LACERDA.; R.D.; AZEVEDO H.M. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.4, n.2, 2º sem. 2004.

BARBOSA, A.B. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas - MG**. 2005. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da conquista, BA, 2005.

BERDING, N. Improving flowering through breeding: progress and prospects. **Proceedingsof the Australian Society of Sugarcane Technologists**, v.17, p.162-171, 1995.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BULL, T. The sugarcane plant. In: HOGARTH, D.M.; ALLSOPP, P.G. (Ed.). **Manual of cane growing**. Indooroopilly: Bureau of Sugar Experiment Stations, 2000. p.71-83.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. **Produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1993. p.31-64.

CASAGRANDE, A.A.; VASCONCELOS, A.C.M. Fisiologia da parte aérea. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agronômico, 2010. p.57-78.

CASTRO, P.R.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar:** controle biológico. Maceió: Insecta, 2005.p.3-48.

CHAPOLA, R.G.; CRUZ, J.A.; NUNES, I.K.; FERNANDES JÚNIOR, A.R. **Censo varietal 2012**. Araras: CCA-UFSCar, 2013. Disponível em: <http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/Revista%20Censo%20Varietal%202012.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2015.

CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos fisiológicos da brotação, perfilhamento e florescimento da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986. 80p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra de cana-de-açúcar 2012/2013**: quarto levantamento. Abril 2014. Disponível em: <http//www.conab.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2014.

CONSECANA. **Manual de instruções**. 5.ed. Piracicaba: Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 2006. 200p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa: Editora UFV, 2006. 285p.

DIAS, C.M.O.; CORSATO, C.E,; SANTOS, V.M. Indicadores fitotécnicos de produção e agroindustriais em cana de açúcar cultivada sob dois regimes hídricos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.3, p.58–65, 2012.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.). **Cana-de-açúcar**: bioenergia, açúcar e álcool – tecnologias e perspectivas. Viçosa: UFV, 2010.p.25-49.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. Irrigation and Drainage Paper, 33.

DUARTE, A.M.A. **Avaliação do desempenho agronômico de seis variedades de cana-de-açúcar, no primeiro corte, em condições de cultivo irrigado, em Jaíba – MG**. 2007. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar.** 3.ed. Piracicaba: STAB, 2011. 416p.

FIGUEIREDO, P.A.M. de; ANDRADE, L.A.B.; VIEIRA NETO, J.C.; NETO, L.B. Efeitos de espaçamentos, variedades e intensidades de capina nas características tecnológicas e rendimentos agrícolas e industrial da cana-de-açúcar, em condições de cana de ano.**STAB**, Piracicaba, v.14, n.2, p. 17-20, nov./dez. 1995.

GOOGLE, Inc. **Software Google Earth**.2014. Disponível em: <http://www.google earth.com.br/>. Acesso em: 04 fev. 2015.

GOSNELL, J.M., LONG, A.C. A comparison of yeldand quality between flowered and non-flowering cane. Proceeding of south África sugar technologistcs assotiation Mount Edgecomb, 47: 148-66, jun. 1973.

GURURAJA RAO, P.N.; NARESH KUMAR, K. Effect offlowering on juice quality and fibre content in sugarcane. **Sugar Tech**, Coimbatore, v.5, n.3, p.185-187, 2003.

IAIA, M.A.; LEE, G.S.T.; MATSUOKA, S.; PARAZZI, C.; FERRARI, E.S.; BARBIERI, V. Efeito do florescimento no rendimento e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.103, n.4-6, p.18-25 jul./dez. 1985.

IBGE. Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias no Espírito Santo. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: dados oficiais da safra agrícola de 2014 no Espírito Santo.Vitória, jun. 2014. 40p.

INMAN-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off.**Field Crops Research**, v.89, n.1, p.107-122, 2004.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia** -. Site oficial. Disponível em: http>www.inmet.gov.br/boletimetereologico/skdk/2014. Acesso em: 27 de novembro de 2014.

LAVANHOLI, M. das G.D.P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agronômico, 2010. p.697-722.

LIMA, A.D. de. **Modelos matemáticos aplicados a problemas na cultura da cana-de-açúcar e no aproveitamento da energia da biomassa.** 2006. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2006.

MAGRO, F.J.; TAKAO, G; CAMARGO, P.E.; TAKAMATSU, S.Y. **Biometria em cana-de-açúcar**. Piracicaba: USP/ESALQ, 2011. 18p.

MANTOVANE, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação**: princípios e métodos.3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355p.

MARAFON, A.C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar:** uma introdução ao procedimento prático. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 29p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros; 168). Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2012/doc_168.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2015.

MARTIN, L.M.; LANDELL, M.G. de A. **Conceitos e critérios para avaliação experimental em cana-de-açúcar utilizados no Programa Cana IAC.** Pindorama: [s.n.], 1995. 45p.

MOORE, P.H. Physiology and control of flowering. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, 1., 1987, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1987. p.103-128.

MOORE, P.H.; BERDING, N. Flowering. In: MOORE, P.H.; BOTHA, F.C. (Ed.). **Sugarcane:** physiology, biochemistry, and functional biology. Chichester: John Wiley & Sons, Inc. 2014. (Online)

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologiada cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p.11-18.

NÓBREGA, N.E.F. da.; SILVA, J.G.F. da; RAMOS, H.E.dosA.; PAGUNG, F. dos S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite e Köppen para o município de São Mateus – ES. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008, São Mateus. **Resumos...** São Mateus: [s.n.], 2008. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/arquivos_pdf/publicacoes/CONIRD/1569_sao_mateus.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2013.

OLIVEIRA, F.M. de.;ASPIAZÚ, I.; KONDO, M.K.; BORGES, I.D.;PEGORARO, R.F.; VIANA, E.J.Crescimento e produção de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e estresse hídrico. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v.5, n.1, p.56-67, 2011.

OLIVEIRA, M.W.; BARBOSA, M.H.P.; MURILO, C.; ANDRADE, M.B.; MENDES, L.C. Análise quantitativa do crescimento da variedade de cana-de-açúcar RB 72454. In: ENCONTRO DE BOTÂNICOS DE MG, BA E ES, 23., 2001, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV**/**SBB, 2001. v.1, p.89-89.

OLIVEIRA, R.A; RAMOS, M.M; AQUINO, L.A. Irrigação. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. **Cana-de-açúcar:** do plantio à colheita**.** Viçosa: UFV, 2013. p.153-180.

PEREIRA, A.R. Previsão do florescimento em cana-de-açúcar. **Comunicação da Pesquisa Agropecuária**, v.3, n.6, p.15-16, 1985.

PRADO, H. do; VAN LIER, Q.J.; LANDELL, M.G.A.; VASCONCELOS, A.C.M. Classes de disponibilidade de água para cana-de-açúcar nos principais solos da região centro-sul do Brasil. In: CONCRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**,** 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: [s.n.], 2003. 1CD-ROM.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**: 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.185, n.4, p.249-258, 2000.

REICHARDT, K.; Timm, L.C. **Solo**, **planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Editora Manole Ltda, 2004. 478p.

ROBERTSON, M.J.; INMAN-BAMBER, N.G.; MUCHOW, R.C. Opportunities for improving the use of limited water by the sugarcane crop. In: KEATING, B.A.; WILSON. J.R. (Ed.). **Intensive sugarcane production**: meeting the challenger beyond 2000. Wallingford: CAB Internacional, 1997.p.287-304.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, 1995. 75p.

ROSEFF, N. El cañicultor: las incógnitas de los retoños. **Sugar Journal**, New Orleans, v.61, n.1, p.9, 1998.

SANTANA, P.B. **Desempenho agronômico e tecnológico de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação no norte de Minas Gerais**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal no semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG, 2012.

SANTOS, F.A.; QUEIROZ, J.H.; COLODETTI, J.L.; RABELO, S.C. Qualidade da cana-de-açúcar para processamento industrial. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.**Cana-de-açúcar:** do plantio à colheita.Viçosa: UFV, 2013. p.245-255.

SARAIVA, G.S. **Espacialização da evapotranspiração de referência diária no Espírito Santo**. 2014. 113f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2014.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E. **Atualização em produção de Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006. p.19-36.

SHIGAKI, F.; BERTO, A.; LIMA, E.; ZONTA, E.; CEDDIA, M.B.; FREITAS, N. Influência do estresse hídrico nos parâmetros de crescimento, acúmulo de N e produtividade de diferentes variedades de cana-de-açúcar em Miracema – RJ. **Revista Universitária Rural-Série Ciências da Vida**, Seropédica, v.24, n.1, p.63-71, 2004.

SILVA, M.A.; GAVA, G.J.C.; CAPUTO, M.M.; PINCELLI, R.P.; JERÔNIMO, E. M.; CRUZ, J.C.S. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, v.66, n.4, p.545-552, 2007.

SILVA, M.A.; SOARES, R.A.B.; LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P. Agronomic performance of sugarcane families in response to water stress.**Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.656-661, 2008.

SILVA NETO**,** H.F. **Aspectos agrotecnológicos, florescimento, impurezas vegetais e produção de bagaço de cultivares de cana-de-açúca**r. 2010. 100f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2010.

STEHLÉ, H.The principal agronomic aspects of the flowering of sugar cane; growth, methods of cultivation, maturity, deterioration after arrowing, rippen point of

cutting.In: BRITISH WEST INDIES SUGAR TECHNOLOGISTS MEETING, 1955, Barbados. **Proceedings**... Barbados: [s.n.], 1955. p.49-62.

STOLF, R. Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. **Revista STAB**, Piracicaba, v.4, n.6, p.22-36, 1986.

TASSO JUNIOR, L.C.; MARQUES, M.O.; SILVA NETO, H.F.; CAMILOTTI, F.; BERNARDI, J.H.; NOGUEIRA, T.A.R.A. Variação genotípica no florescimento, isoporização e características tecnológicas em seis cultivares de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v.9, n.1, p.12-18, 2009.

TEMPASS, C.M. **Quanto mais doce, melhor**:um estudo antropológico das práticas alimentares da doce sociedade Mbyá-Guarani. 2010. 395f. Tese (Doutorado em Antropologia Social) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

TORREZAN, H.F. **Enleiramento e enfardamento prismático de palhiço de cana-de-açúcar:** alguns parâmetros de desempenho operacional e eficiência energética.2003. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Máquinas Agrícolas)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Relatório final da safra 2013/2014 Região Centro-Sul.** 2014. Disponível em: <http://www.unica.com.br/unicadata>. Acesso em: 26 fev. 2015.

VASCONCELOS, A.C.M. **Comportamento de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum*spp.) nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Paranapanema.**1998. 108f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 1998.

VASCONCELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita:** crua mecanizada e queimada manual.2002. 140f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2002.

VIEIRA, G.H.S.**Uso racional da água na cultura da cana-de-açúcar irrigada no Norte de Minas Gerais**. 2012. 101f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.