

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

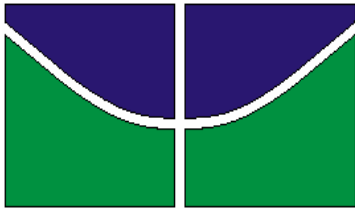
**AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DA
CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES REGIMES
HÍDRICOS**

Laryssa Maria Teles Batista

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA-DF

MARÇO, 2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DA
CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES REGIMES
HÍDRICOS**

Laryssa Maria Teles Batista

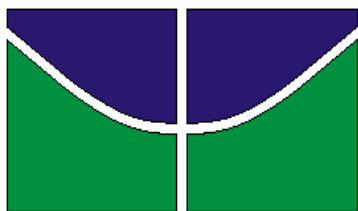
**ORIENTADORA: Maria Lucrécia Gerosa Ramos
COORIENTADOR: Walter Quadros Ribeiro Júnior**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 57/2013

BRASÍLIA-DF

MARÇO, 2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

Laryssa Maria Teles Batista

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
SUBMETIDA AO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM
AGRONOMIA**

APROVADA POR:

Maria Lucrecia Gerosa Ramos, Dsc. (UNB)

Orientadora C. P. F: 002.094.438-12

Marcelo Fagioli, Dsc. (UNB)

Examinador Interno C. P. F: 729. 409. 306. 78

Hugo Bruno Correa Molinari, Dsc. (EMBRAPA Agroenergia)

Examinador Externo C. P. F: 006.080.249-96

Brasília-DF, 12 de Março de 2013.

FICHA CATALÓGRAFICA

BATISTA, Laryssa Maria Teles

Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos. / Laryssa Maria Teles Batista; Orientação: Maria Lucrecia Gerosa Ramos; Coorientação: Walter Quadros Ribeiro Júnior- Brasília, 2013. 125 p.

Dissertação de Mestrado (M)- Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.

- 1. CANA-DE-AÇÚCAR. 2. IRRIGAÇÃO. 3 FISILOGIA. 4 PRODUTIVIDADE I. RAMOS, M. L. G. II D.Sc**

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BATISTA, L. M. T. Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília- Brasília, 2013. 125 p. (Dissertação Mestrado).

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Laryssa Maria Teles Batista

TÍTULO: Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos.

GRAU: Mestre ANO: 2013

É concedida a Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias dessa dissertação de mestrado para único e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

**Laryssa Maria Teles Batista
C.P.F: 011.289.871-80
Rua Salgado Filho N ° 430 Centro
C.E.P: 73850-000 Cristalina/GO - Brasil
laryssatelles@yahoo.com.br**

“Quando uma pessoa se decide a melhorar as suas condições de vida e sabe disciplinar e apontar sua rota com vontade inabalável em direção ao seu objetivo, tudo virá ao seu encontro: bons livros, bons amigos, boas companhias, e meios que a ajudarão a realizar seus desejos.”

James Allen

Dedico,

Aos meus avós,

**Anicésio Matias Teles (*in memorian*) e Olinda Gonçalves Teles,
pois eles proporcionaram meu primeiro contato com a terra**

A minha mãe,

**Maria Aparecida Matias Teles Batista (*in memorian*),
por ter sido meu porto seguro durante os anos que viveu comigo,
por ser minha eterna fonte de inspiração.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado força, sabedoria e entendimento para concluir esse trabalho.

A minha orientadora Maria Lucrecia Gerosa Ramos, pela amizade, orientação, e por ter me incentivado a fazer o mestrado, este que me proporcionou muitas alegrias.

Ao meu coorientador Walter Quadros Ribeiro Júnior, pela orientação, apoio, amizade, compreensão e pelo entusiasmo com o trabalho realizado.

Ao Sidnei Deuner pela amizade, paciência, orientação, contribuições, auxílio na execução e por todas as valiosas revisões destinadas a esse trabalho.

Ao Vinicius Bof Bufon, pela amizade, dedicação, orientação, paciência, valiosas contribuições e auxílio na execução do trabalho.

Ao Fabiano Saggin e a todas as pessoas que trabalharam muito no campo para obtenção desses dados.

À EMBRAPA Cerrados, por ter possibilitado a execução desse projeto; o tempo de trabalho nesse centro de pesquisa foi muito valioso para o meu crescimento profissional.

A todos os funcionários da EMBRAPA Cerrados que de alguma forma auxiliaram na execução desse trabalho, como também pela amizade.

A Usina Jalles Machado, pelo apoio nas análises da qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima e por ser uma empresa que valoriza a pesquisa de forma exemplar.

À minha amada mãe (*in memoriam*), pelos 24 anos que esteve ao meu lado extraindo o meu melhor; por ter sido meu porto seguro nos momentos mais difíceis, por ser meu grande e eterno amor; onde quer que você esteja quero que saiba que foi fantástico viver ao seu lado, muito obrigada por ter me transformado em tudo que sou.

Ao meu querido pai, por ser meu amigo, pelo brilho nos olhos ao vivenciar as minhas vitórias, e por tudo que me proporcionou para que eu alcançasse todos meus objetivos.

À minha irmã Maria Eduarda, por ser a minha calma e a minha paz.

À minha avó por todo amor devotado; a minha vida não seria a mesma sem você.

À Tia Olguinha, pelo amor confesso e incondicional; a dindinha Neide por toda sabedoria, carinho e orações; a Tia Neivinha por todo carinho, atenção e amor. Obrigada por vocês cuidarem de mim como se eu fosse uma filha.

Ao meu padrinho Aguinaldo e ao Tio Ronivaldo, por inúmeras vezes, mesmo sem perceber, terem sido fonte de força e determinação; ao Tio Ronaldo por todo carinho e amor.

Ao meu namorado João Gabriel Carvalho, por todo incentivo, amor, amizade, companheirismo e por toda felicidade que me proporciona; agradeço também a toda sua família pelo carinho e por todos os momentos de descontração.

Ao Giovani Sandri e ao Rodrigo Zuquetta pela amizade e parceria nos trabalhos de campo, vocês foram essenciais na execução desse projeto. Agradeço também ao Jefesson Mesquita, Ana Paula Reis, Cesar e Igor, pela amizade e auxílio no campo.

Ao Thiago Rodrigues Ramos Farias, pela amizade, por todas as caronas e pelo auxílio no trabalho de campo.

À Juliana, Jomara, Jéssica por terem sido tão queridas e por me proporcionarem momentos muito alegres e de grande descontração.

À Tânia Araujo e a Denise Rochael por serem amigas espetaculares e por transformarem meus dias difíceis em alegria.

À queridíssima Rosana por ser tão prestativa e carinhosa com todos alunos da pós-graduação.

Às minhas amigas do apartamento 302: Claudia Faifer, Ana “Bakana”, Klênia, Fabrícia, Fabiana e Samira; e aos amigos colombianos e argentinos. Obrigada por toda amizade e carinho, vocês fazem meus dias melhores.

A todos os meus amigos do 1º semestre de 2006, por todo carinho devotado.

À Universidade de Brasília - UnB, pelo crescimento profissional proporcionado e pelo apoio.

A Capes, pela bolsa de estudos.

A todas as pessoas que de alguma forma auxiliaram na execução e conclusão desse trabalho.

A todos vocês a minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. OBJETIVOS	23
2.1. OBJETIVO GERAL	23
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
3.1 O CERRADO	24
3.2 CANA-DE-AÇÚCAR	25
3.2.1 VARIEDADES	29
3.3 A REGIÃO CENTRO-OESTE COMO ÁREA DE EXPANSÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO	30
3.4 DÉFICIT HÍDRICO	34
3.4.1 ASPECTOS GERAIS	34
3.4.2 DEFICIÊNCIA HÍDRICA: CANA-DE-AÇÚCAR	36
3.5 VARIAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DÉFICIT HÍDRICO	37
3.6 MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CANA-DE-AÇÚCAR	42
3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS	52
4.1 INTRODUÇÃO	52
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	54
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.4 CONCLUSÕES	67
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS	73
5.1 INTRODUÇÃO	73
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	75
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
5.4 CONCLUSÕES	105
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO	105
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
6. ANEXOS	114

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Fases fenológicas da cana-de-açúcar (NAKANO, 2011). 27
- Figura 2. Sensibilidade relativa ao estresse hídrico com relação a vários processos fisiológicos da planta. As barras sólidas horizontais indicam a gama de níveis de estresse dentro dos quais processos fisiológicos da planta são primeiramente afetados As barras fragmentadas indicam a porção da faixa do potencial hídrico em que a resposta fisiológica não está bem estabelecida (PUGNAIRE et al., 1993). 40
- Figura 3. Precipitação e evapotranspiração potencial total mensal e média mensal das temperaturas máxima e mínima, o ano de 2011. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF..... 56
- Figura 4. Potencial hídrico foliar de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 86, 113 e 133 dias após o corte (DAC), cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 59
- Figura 5.** Transpiração (A), condutância estomática (B) e fotossíntese líquida (C) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliada aos 86, 113 e 133 dias após o corte (DAC), cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as cultivares dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 63
- Figura 6. Índice de clorofila de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536 e) avaliada aos 86, 113 e 133 dias após o corte (DAC), cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 65
- Figura 7. Índice de Área Foliar de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 86, 99 e 145 dias após o corte (DAC), cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 66

Figura 8. Precipitação e evapotranspiração potencial total mensal e média mensal das temperaturas máxima e mínima, de Janeiro de 2011 a Maio de 2012. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF..... 77

Figura 9. Diâmetro médio dos colmos (DMC) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 81

Figura 10. Estatura média dos colmos (EMC) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliada aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 83

Figura 11. Número de folhas verdes abertas (NFVA) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 86

Figura 12. Número de folhas emergentes (NFE) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 88

Figura 13. Número de folhas mortas (NFM) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 89

Figura 14. Comprimento da folha +3 (C+3) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 90

Figura 15. Largura da folha +3 (L+3) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliada aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 91

Figura 16. Número de perfilhos industrializáveis (NPI) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 93

Figura 17. Índice e Área Foliar (IAF) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 86, 99, 145, 179, 218 e 275 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 94

Figura 18. Produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar (RB855536 e RB867515) cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 96

Figura 19. Brix (A), pol (B) e pureza do caldo (C) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB855536 e RB867515) cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 98

Figura 20. Porcentagem de fibra (A), pol da cana (B) e Teor de Açúcar Total Recuperável (ATR) (C) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias históricas mensais de precipitação na Embrapa Cerrados (Planaltina-DF), com respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação (SANO et al., 2008).....	31
Tabela 2. Comparativo de área, produtividade e produção das safras 2011/12 e 2012/13 (CONAB, 2012a).....	33

LISTA DE ABREVIACÕES

Ψ_w = Potencial hídrico

DAC = Dias após o corte

DMC = Diâmetro médio dos colmos

EMC = Estatura média dos colmos

NFVA = Número de folhas verdes abertas

NFE = Número de folhas emergentes

NFM = Número de folhas mortas

C+3 = Comprimento da folha +3

L+3 = Largura da folha +3

NPI = Número de perfilhos industrializáveis

IAF = Índice de área foliar

ATR = Açúcares totais recuperáveis

AValiação Morfofisiológica da Cana-de-açúcar Sob Diferentes Regimes Hídricos

Resumo

A deficiência hídrica é um dos principais fatores que limitam a produção da cana-de-açúcar. As respostas ocasionadas pelo estresse hídrico sobre os parâmetros fisiológicos, morfológicos e de produtividade podem fornecer informações para subsidiar novas pesquisas, indicando quais parâmetros são influenciados por regimes hídricos contrastantes. O objetivo deste estudo foi avaliar morfofisiologicamente duas variedades de cana-de-açúcar, RB867515 e RB855536, sob diferentes regimes hídricos (irrigado e sequeiro), para obter informações que possam indicar possíveis mecanismos de tolerância ao estresse hídrico e assim, subsidiar o desenvolvimento de variedades adaptadas ao sistema de produção no Cerrado. O experimento foi conduzido em uma área de 0,36 hectares, localizada na EMBRAPA Cerrados, próxima a Planaltina-DF. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com três repetições em parcelas subdivididas; cada variedade constituía uma parcela e os diferentes regimes hídricos, irrigado e sequeiro, as subparcelas. No experimento a irrigação foi aplicada conforme o sistema Line Source Sprinkler System, de forma que a lâmina de água aplicada na cultura descesse do centro para as extremidades da área. Foram avaliados parâmetros fisiológicos (potencial hídrico (Ψ_w), transpiração, condutância estomática, taxa fotossintética e índice de clorofila), parâmetros biométricos (diâmetro, estatura e número de colmos, número de folhas verdes abertas, emergentes e mortas, número de perfilhos industrializáveis, comprimento e largura da folha +3 e índice de área foliar), além de parâmetros relacionados a características de qualidade do caldo e produtividade da cana (pol do caldo, brix do caldo, pureza do caldo, pol da cana, porcentagem de fibra, toneladas de colmos por hectare e açúcares totais recuperáveis (ATR)). Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a $p < 0,05$. Para os parâmetros fisiológicos, houve significativa redução nas seguintes variáveis: Ψ_w foliar, condutância estomática, transpiração, taxa fotossintética, índice de clorofila e índice de área foliar nas plantas sob sequeiro, de ambas as variedades, sendo estes parâmetros bons indicativos para diferenciar as variedades com relação aos regimes hídricos con-

trastantes. Quanto às características biométricas, de maneira geral, respostas significativamente inferiores foram observadas em todos os períodos analisados para as plantas de sequeiro, destacando o índice de área foliar, diâmetro e estatura média dos colmos, número de folhas verdes abertas e o comprimento e largura da folha +3. Já nos aspectos relacionados à qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima, o pol de cana foi significativamente inferior no tratamento sequeiro somente na variedade RB867515, por outro lado, o pol de caldo e o ATR foram inferiores nas duas variedades, sendo que os demais parâmetros não apresentaram diferença significativa para os regimes hídricos. Outro parâmetro expressivamente afetado pelas condições de cultivo da cana foi a sua produtividade (toneladas de colmos ha⁻¹), em que, as plantas do tratamento de sequeiro apresentaram uma redução na produtividade de 103 ton ha⁻¹ para a variedade RB855536 e de 121 ton ha⁻¹ para a RB867515, em comparação as plantas mantidas irrigadas durante o período sem precipitação. Embora resultados distintos tenham sido observados pelos parâmetros analisados, é possível observar que o déficit hídrico afeta expressivamente o desenvolvimento das duas variedades de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum* spp. L., déficit hídrico, biometria, fisiologia, produtividade.

MORPHOPHYSIOLOGICAL EVALUATION OF SUGARCANE UNDER DIFFERENTS WATER REGIMES

Abstract

Water deficit is one of major factors limiting the production of sugarcane (*Saccharum* spp.). The responses caused by water stress on physiological parameters, morphological and productivity can provide information to support new research indicating which parameters are influenced by contrasting water regimes. The objective of this study was to evaluate morphologically and physiologically two varieties of sugarcane, RB867515 and RB855536 under different water regimes (irrigated and rainfed), for information that may indicate possible mechanisms of tolerance to water stress and thus subsidize the development of varieties adapted to the production system in the Cerrado. The experiment was conducted in an area of 0.36 hectares, located at EMBRAPA Cerrados, near Planaltina-DF. The experimental design was a randomized block with three replications in a split plot, each plot was a variety and different water regimes, irrigated and rainfed, the subplots. In experiment irrigation was applied as the Line Source Sprinkler System, wherein the applied water on the culture disbelieve the center to the extremities of the area. Were evaluated physiological parameters (leaf water potential (Ψ_w), transpiration, stomatal conductance, photosynthetic rate, Chlorophyll index), morphological parameters (diameter, height and number of stems, number of green leaves open, emerging and killed, industrially tiller number, leaf length and width +3, leaf area index) and parameters related to productivity of sugarcane and quality of raw material (pol, juice brix, pol cane, fiber percentage, juice purity , tonnes of cane per hectare and total recoverable sugars (ATR)). Data were subjected to analysis of variance using the SAS statistical program (Statistical Analysis System), and means were compared by the Tukey test ($p < 0.05$). For the physiological parameters, there was a significant reduction in the following variables: Ψ_w leaf, stomatal conductance, transpiration, photosynthetic rate, chlorophyll index and leaf area index in plants under rainfed of both varieties, these parameters being good indicators to differentiate the varieties with respect to regimes contrasting water. As the morphological characteristics, in general, significantly lower responses were observed in all periods analyzed for rainfed plants, highlighting the leaf area index, average height and

diameter of stems, number of green leaves opened and length and width +3. Already in aspects of quality of sugarcane as feedstock, the cane pol was significantly lower in the treatment only for upland variety RB867515, on the other hand, pol and ATR were lower in two varieties, and other parameters showed no significant difference to water regimes. Another parameter significantly affected by the conditions of cultivation of sugarcane was your productivity (tons of cane ha⁻¹), where the period for which the plants started by drought caused a reduction in productivity of 103 ton ha⁻¹ for the variety and RB855536 of 121 ton ha⁻¹ for RB867515 compared irrigated plants maintained during the period without precipitation. Although results have been observed by different parameters, it is possible to observe that water deficit significantly affects the development of two varieties of sugarcane.

Keywords: *Saccharum* spp. L., drought, biometrics, physiology, productivity.

1. INTRODUÇÃO

No Protocolo de Quioto, em que metas foram estabelecidas para mitigar da emissão de gases do efeito estufa, surgiu o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que, mediante investimentos em tecnologias de produção mais eficientes, adoção de formas de manejo das lavouras que promovam o sequestro de carbono, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso de energia, reflorestamento, entre outros, proporcionará meios para que a emissão dos gases do efeito estufa seja mitigada. Para o Brasil, em especial, o MDL pode ser muito interessante já que aproveita o seu grande potencial para a produção de energia limpa, e possibilita que o país desempenhe papel importante no cenário internacional (VIDAL, 2003; MENEGUELLO; CASTRO, 2007; MOREIRA et al., 2008).

Mudanças institucionais importantes, como a adoção do Protocolo de Quioto e o MDL, tanto no Brasil como em outros países, resultaram numa nova fase de crescimento para o setor sucroalcooleiro nacional, impulsionada por perspectivas de aumento na demanda tanto por açúcar quanto por álcool (MORAES, 2007), assim a lavoura de cana-de-açúcar continua em expansão no Brasil. O total da área de expansão em todo país está em torno de 676 mil hectares (CONAB, 2012a).

Atualmente, a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das melhores opções dentre as fontes de energia renováveis, apresentando grande importância no cenário agrícola brasileiro e um futuro promissor no cenário mundial (MAULLE et al., 2001). O Brasil é o principal produtor de cana-de-açúcar e também ocupa posição de liderança na tecnologia de produção, 55% do açúcar que é exportado em âmbito mundial é proveniente do Brasil (IBGE, 2008; IBGE, 2012). O país também tem se destacado por ser um dos líderes em projetos de créditos de carbono registrados na ONU, e a grande maioria desses projetos está relacionada com a geração de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar (JUNQUEIRA, 2006).

Dentre essas novas áreas canavieiras a região Centro-Oeste apresentou uma expansão significativa. Mato Grosso do Sul, São Paulo, Goiás e Mato Grosso foram os estados com maior acréscimo de áreas na parcela de colheita para a indústria, respectivamente, 61,8 mil hectares, 49,4 mil hectares, 47,5 mil hectares e 15,4 mil hectares. Este crescimento representa a consolidação das novas plantas inauguradas

recentemente, bem como, pequeno crescimento de unidades mais antigas. (CONAB, 2012b).

A expansão das áreas cultivadas com cana-de-açúcar está ocorrendo em regiões em que a atividade canavieira não era comum. Os critérios para a ocupação dessas novas áreas vêm sendo a topografia plana para favorecer a mecanização e o baixo custo da terra, principalmente nas áreas de pastagens degradadas (ARANTES, 2012). Em determinadas regiões de expansão, como o Centro-Oeste onde predomina o bioma Cerrado, o déficit hídrico ocasionado pela irregularidade das chuvas, é caracterizado como um problema, pois em determinados estádios fenológicos da cultura, como a brotação e o perfilhamento, a restrição hídrica pode ocasionar prejuízos quanto ao desenvolvimento e a produtividade do canavial.

A falta de regularidade com relação à precipitação preocupa os produtores de cana-de-açúcar, isso porque em algumas regiões de produção a disponibilidade de áreas para a expansão é escassa e isso demanda que novas formas de manejo sejam adotadas para que a produtividade venha aumentar cada vez mais (OLIVEIRA et al., 2010).

A análise das condições das áreas de expansão canavieiras indica a necessidade de variedades desenvolvidas para o ambiente de produção que é encontrado no Cerrado, ou seja, variedades mais tolerantes à seca, para que o período de longa estiagem não seja prejudicial ao desenvolvimento e produtividade do canavial. Existe uma carência de informações sólidas do desenvolvimento da cultura nas principais áreas de expansão, pois a maioria das técnicas de manejo empregadas advém da região Sudeste.

O déficit hídrico é uma das principais causas da redução da produtividade nos canaviais, dessa forma é identificada a demanda de pesquisas para entender claramente os mecanismos de respostas da cultura a esse tipo de estresse (SIMIT; SINGELS, 2006). Análises de características morfológicas e fisiológicas são ferramentas para verificar a resposta de diferentes variedades a irrigação plena e ao déficit hídrico, e dessa forma, avaliando os mais variados parâmetros é possível identificar e caracterizar determinados genótipos com relação à tolerância ou a sensibilidade à seca e a responsividade a irrigação.

O objetivo deste estudo foi avaliar morfofisiologicamente duas variedades de cana-de-açúcar, RB867515 e RB855536, sob diferentes regimes hídricos (irrigado e

sequeiro), para obter informações que possam indicar possíveis mecanismos de tolerância ao estresse hídrico e assim, subsidiar o desenvolvimento de variedades adaptadas ao sistema de produção no Cerrado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar morfofisiologicamente duas variedades de cana-de-açúcar, RB855536 e RB867515, sob diferentes regimes hídricos (irrigado e sequeiro), para obter informações que possam indicar possíveis mecanismos de tolerância ao estresse hídrico e assim, subsidiar o desenvolvimento de variedades adaptadas ao sistema de produção no Cerrado.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

(a) Avaliar fisiologicamente as variedades, RB867515 e RB855536, através das análises de potencial hídrico, parâmetros fotossintéticos, índice de clorofila e índice de área foliar.

(b) Avaliar o desenvolvimento morfológico das variedades, RB867515 e RB855536, através de análises biométricas.

(c) Avaliar a produtividade e a qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima através de análises tecnológicas do caldo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O CERRADO

O Cerrado é um complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América Tropical e de continentes como a África e Austrália (SANO et al., 2008) e distribui-se desde formações florestais a savanas campestres (DETMANN et al., 2008). Esse bioma está situado entre 5° e 20° de latitude sul e de 45° a 60° de longitude Oeste, abrangendo aproximadamente 25% do território brasileiro, em torno de 204 milhões de hectares, sendo que a maior parte dessa área está localizada no Brasil Central (SANO et al., 2008).

Os solos dominantes no Cerrado são os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos (GOMES et al., 2004), caracterizados como profundos, bem estruturados, bem drenados, com alta estabilidade de agregados, principalmente, micro-agregados quando não antropotizados (GOEDERT, 1980; KLUTHCOUSKI et al., 2003). Segundo Goedert (1980) são solos altamente intemperizados e com baixa capacidade de troca cátions (CTC), sendo que a matéria orgânica é fundamental para elevar a CTC. As condições de tempo e de clima do Cerrado são determinadas pela dinâmica ou pelos sistemas da atmosfera que afetam toda a América do Sul (NIMER ; BRANDÃO 1972; SANO et al., 2008), a ação conjunta desses sistemas durante o ano confere ao Cerrado características climáticas em que se obtém duas estações bem definidas, uma chuvosa e uma seca.

A estação chuvosa inicia-se entre os meses de setembro e outubro e se estende até março e abril, destacando-se os meses de novembro, dezembro e janeiro como os que apresentam a maior média mensal de precipitação. A estação seca é marcada por profunda deficiência hídrica, causada pela redução drástica da ocorrência das chuvas, e esta se inicia entre os meses de abril e maio e estende-se até parte dos meses de setembro a outubro (SANO et al., 2008), dessa forma o clima tropical estacional da região é marcado pelo período de déficit hídrico intenso, que pode chegar a sete meses sem precipitações (SILVA et al., 2001).

O Cerrado tem grande importância para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro, por ser uma das maiores fronteiras agrícolas do mundo. Os benefícios

provenientes da ocupação agrícola do Cerrado são incontestáveis, mas para que os sistemas produtivos sejam estabelecidos de forma sustentável, existe a necessidade de se dar atenção para informações desse bioma que são fundamentais, porém pouco conhecidas, para que se obtenha o máximo de benefícios com o mínimo de impactos negativos nas áreas de produção estabelecidas (SANO et al., 2008).

3.2 CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é originária da ilha de Papua, na Nova Guiné, onde além de crescer em meio silvestre, era utilizada como planta ornamental nos jardins e moradias. A cultura se expandiu juntamente com as migrações náuticas dos habitantes do Oceano Pacífico, disseminando-se em várias ilhas do sul do Pacífico, na Indochina, no Arquipélago da Malásia e em Bengala, sendo certo o seu aparecimento como planta produtora de açúcar na Índia (MIRANDA, 2008).

Em 1532, Martim Afonso de Souza introduziu no Brasil as primeiras mudas de cana-de-açúcar, e estas eram provenientes da ilha da Madeira e Açores onde as condições ambientais eram muito similares às do Brasil, e tal fato impulsionou a formação dos primeiros engenhos açucareiros no país (MIRANDA, 2008; RIPOLI et al., 2006).

Atualmente, essa cultura desempenha papel de extrema importância para a economia do Brasil (SILVA et al., 2012) e este é um dos maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar. A previsão total de cana para ser moída na safra 2012/13 é de 595,13 milhões de toneladas, com aumento de 6,2% em relação à safra 2011/12, que foi de 560,36 milhões de toneladas. A previsão atual de produção de açúcar na safra 2012/13 é de 37,66 milhões de toneladas e a produção de etanol total está estimada em 23,62 bilhões de litros (CONAB, 2012b).

A cana-de-açúcar é uma planta semiperene, da família *Poaceae*, com metabolismo fotossintético C₄ que possui um grande armazenamento de sacarose nos tecidos dos colmos, tornando-a de extrema importância comercial (TEJERA et al., 2007), nas lavouras canavieiras é cultivado um híbrido interespecífico que recebe a denominação *Saccharum* spp. (RIPOLLI et al., 2006).

Segundo Gascho; Shih (1983) os estádios fenológicos da cana-de-açúcar podem ser separados em brotação e emergência, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação dos colmos. A brotação e emergência se iniciam quando o broto rompe as folhas da gema e se desenvolve rumo à superfície do solo e de forma simultânea a esse processo surgem as raízes do tolete. A emergência do broto ocorre de 20 a 30 dias após o plantio (DAP). O broto é um caule em miniatura que surge acima da superfície do solo e também é denominado de colmo primário (GASCHO; SHIH, 1983; BARBOSA, 2010).

O perfilhamento é o processo de emissão de colmos por uma mesma planta e esses são denominados perfilhos. Esse processo é regulado por hormônios e resulta no crescimento dos brotos que vão em direção à superfície do solo e estes emergem de 20 a 30 dias após a emergência do colmo primário. É por meio desse processo de perfilhamento que é formada a touceira da cana e o perfilhamento máximo ocorre quando se observa total cobertura do solo pelas folhas dos colmos, fase na qual cada touceira possui o máximo de perfilhos.

O crescimento dos colmos ocorre a partir do máximo perfilhamento e este é estimulado pela luz, umidade e temperaturas mais elevadas. Os colmos que prosseguem o desenvolvimento, a partir do estágio em que é observado o máximo perfilhamento, continuam crescendo, desenvolvem-se em altura e iniciam o acúmulo de açúcar na base do colmo. Nessa fase, o crescimento do sistema radicular torna-se mais intenso tanto na superfície quanto nas camadas mais profundas do solo e também é nessa fase em que as folhas mais velhas começam a ficar amareladas e secam.

A maturação da cana-de-açúcar inicia-se junto com o crescimento intenso dos colmos, sobreviventes do perfilhamento da touceira, sendo que o excesso de açúcar permanece armazenado na base de cada colmo. Quando as touceiras atingem altura igual ou superior a dois metros, é possível observar amarelecimento e consequente seca das folhas que se encontram na altura mediana da planta, indicando que está sendo depositado açúcar nessa região.

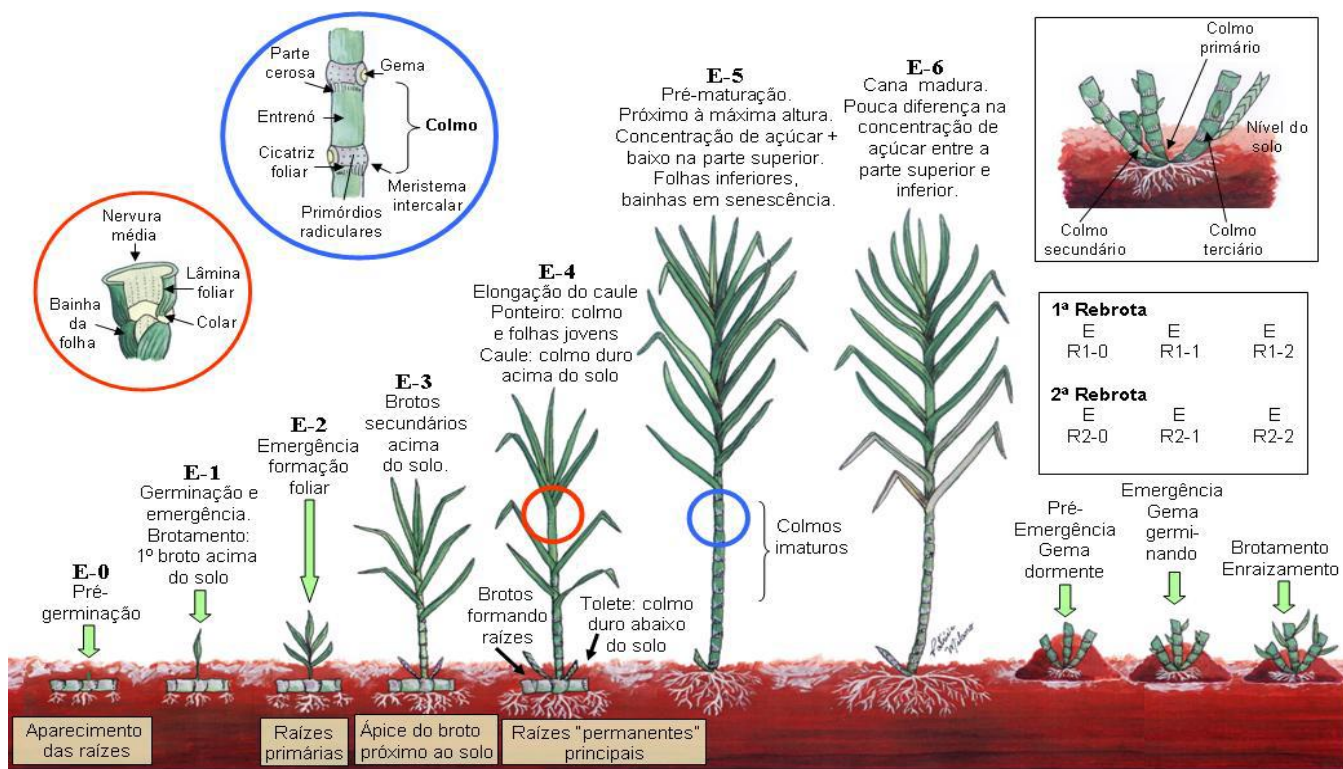


Figura 1. Fases fenológicas da cana-de-açúcar (NAKANO, 2011).

O plantio da cana-de-açúcar é feito em duas épocas, dando origem à cana-planta de ano (12 meses) ou à cana-planta de ano e meio (18 meses) (SUGAWARA; RUDORFF, 2011; MIRANDA, 2008), mas após o primeiro corte o ciclo de ambas é anual e ela recebe a denominação de cana soca (BARBOSA, 2010). A cana de ano (12 meses), plantada em setembro-outubro, tem seu desenvolvimento máximo de novembro a abril, apresentando redução deste em determinados períodos, devido às condições climáticas adversas de inverno no Centro-Sul como a menor disponibilidade hídrica, baixas temperaturas e menores intensidades de radiação (RODRIGUES, 1995).

A cana de ano e meio (18 meses), plantada de janeiro ao início de abril, apresenta taxa de crescimento mínimo, e em algumas situações extremas o desenvolvimento da cultura pode ser nulo. Essa queda expressiva do desenvolvimento da cultura é ocasionada pelo período de inverno na região Centro-Sul, em que as condições climáticas não são favoráveis. A fase de desenvolvimento mais acentuada da cana de ano e meio inicia-se com a retomada das precipitações regulares, aumento da

intensidade luminosa e também da temperatura, e ocorre de outubro a abril, com pico de crescimento entre dezembro e abril (RODRIGUES, 1995).

Vários fatores interferem na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, sendo os principais a temperatura, luz, disponibilidade de água e nutrientes, além do manejo da cultura e da variedade plantada (CESAR et al., 1987; MAULE et al., 2001). O período entre o outono e o inverno, em que ocorre a diminuição das chuvas e temperaturas mais baixas, existe maior atividade de maturação e menor atividade de crescimento, sendo que há intenso armazenamento de açúcar. O momento da colheita é definido em função da variedade, época de colheita, duração do ciclo, manejo da maturação e condições climáticas (GASCHO; SHIH, 1983; BARBOSA, 2010).

A cana-de-açúcar é colhida de forma escalonada, conforme os diferentes estágios de maturação das variedades, o que permite uma melhor logística na colheita das áreas, que são bastante extensas (MIRANDA, 2008). A colheita do canavial é realizada anualmente e o aumento do número dos estágios de corte ocasiona uma perda gradativa de produtividade, quando a lavoura não for viável economicamente, com relação aos custos da colheita e o rendimento do canavial, a área é reformada com o plantio de novas mudas (SUGAWARA; RUDORFF, 2011).

As características de cada genótipo é que determinam o número de colmos por planta, assim como a estatura e o diâmetro dos colmos, o comprimento e a largura das folhas, arquitetura da parte aérea, sendo que a expressão desses caracteres é muito influenciada pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais utilizadas. As características das variedades determinam a eficiência fotossintética da cana-de-açúcar, além da influência das variações climáticas que prevalecem durante todo o desenvolvimento (RODRIGUES, 1995; BARBOSA, 2010). A disponibilidade de água e a temperatura são fatores que afetam muito o crescimento da cultura (BARBOSA, 2010).

A demanda hídrica da cana-de-açúcar varia de acordo com os diferentes estádios fenológicos da cultura (GAVA et al., 2011), ela também é influenciada pelas condições ambientais, manejo agrícola, período de plantio e variedade plantada; normalmente a demanda hídrica da cultura é reduzida com a sucessão dos ciclos de cultivo (FARIAS et al., 2008; SILVA et al., 2012).

A cana-de-açúcar é uma cultura adaptada aos climas tropical e subtropical, e demanda um grande volume de água no seu sistema de produção, principalmente quando se encontra em pleno desenvolvimento vegetativo, sendo que a produção de biomassa pela cultura é bastante expressiva (TEJERA et al., 2007), desde que o suprimento de água seja adequado a cultura (WIEDENFELD, 2004; SILVA et al., 2012).

3.2.1 VARIEDADES

As variedades de cana-de-açúcar são componentes importantes do sistema de produção, isso porque é através delas que é possível elevar a eficiência produtiva do setor sucroalcooleiro. A melhoria da qualidade da matéria prima para a produção de açúcar e álcool tem relação direta com a oferta de variedades mais eficientes para determinados sistemas produtivos, e o resultado das pesquisas com melhoramento genético proporcionam ao setor canavieiro variedades adaptadas às condições específicas de produção.

Existem consideráveis diferenças entre as variedades de cana-de-açúcar com relação às respostas ao déficit hídrico, mas as informações do comportamento da variedade quando submetida à restrição hídrica só é veiculada quando a mesma já está sendo utilizada em plantios comerciais (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005; SILVA et al., 2008). Assim os programas de melhoramento vegetal devem divulgar as características com relação à tolerância à seca e a responsividade à irrigação das variedades disponíveis no mercado, facilitando o planejamento do plantio do canavial, pois o produtor rural das áreas de expansão, cuja disponibilidade hídrica é limitante, poderá selecionar a variedade que se adapta melhor ao sistema produtivo empregado.

Mecanismos comuns de tolerância à seca como, por exemplo, o enrolamento das folhas, senescência foliar, fechamento dos estômatos e sistema radicular profundo são observados em variedades consideradas mais tolerantes à seca, e a intensidade de expressão desses mecanismos varia entre as variedades presentes no mercado. Mudanças morfofisiológicas em resposta à restrição hídrica, atualmente, são pouco estudadas e utilizadas em programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar, e essas informações são importantes quando se trata de um sistema produtivo em que

ocorre a estacionalidade das chuvas e uma menor disponibilidade de água para utilização da irrigação (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

Ao identificar que existem determinados mecanismos morfofisiológicos utilizados pela cultura para tolerar longos períodos sem suprimento hídrico adequado, e que essas características podem ser identificadas e mensuradas, são obtidas informações que podem ser comercialmente importantes para os programas de melhoramento vegetal e para o produtor que tem seu sistema produtivo implantado num ambiente em que a estacionalidade das chuvas é um fator limitante. Dessa forma, as análises fisiológicas e morfológicas são importantes na caracterização das variedades e no melhoramento vegetal (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

As áreas de produção de cana-de-açúcar se expandiram para zonas marginais, principalmente com relação à disponibilidade hídrica, e uma forma de resolver o problema dessas novas áreas canavieiras seria o plantio de variedades tolerantes à seca e responsivas à irrigação. A necessidade de novas variedades e a seleção das mesmas com relação aos mecanismos de tolerância à seca faz-se necessária, assim os programas de melhoramento da cana-de-açúcar devem buscar além dos ganhos em produção, variedades que tolerem e sejam eficientes quando inseridas nesses novos sistemas produtivos.

3.3 A REGIÃO CENTRO-OESTE COMO ÁREA DE EXPANSÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

O setor canavieiro continua em expansão no Brasil. Segundo o levantamento de safra realizado pela Conab (2011) em Minas Gerais (83.100 ha), Mato Grosso do Sul (87.700 ha), Goiás (79.110 ha) e Mato Grosso (13.040 ha) as áreas de produção da cana-de-açúcar apresentaram aumento significativo. Essa tendência de expansão continua sendo observada nas safras subsequentes (2012/2013) e as áreas de produção continuam em progressivo aumento nos estados da região Centro-Oeste e Sudeste e Sul, sendo que na região Centro-Oeste foi observado um crescimento significativo de 233.840 mil hectares (CONAB, 2012a).

Uma parte significativa do Cerrado está concentrada na região Centro-Oeste, e esse bioma apresenta características climáticas peculiares, possui duas estações bem

definidas, uma com intensa precipitação e outra estação seca, e esta é marcada por acentuada deficiência hídrica (SANO et al., 2008). A estacionalidade das chuvas ocorrente nessa região pode ser observada na Tabela 1, que mostra um período chuvoso que vai de outubro até março, sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro os que apresentam a maior média mensal de precipitação, e os períodos mais secos que englobam de 5 a 6 meses de deficiência hídrica. O desvio padrão dos meses mais secos é menor, em contraposição dos coeficientes de variação mais elevados, fatores que evidenciam a distribuição irregular das chuvas e a variabilidade relativa da precipitação no Cerrado durante todo o ano (SANO et al., 2008).

Tabela 1. Médias históricas mensais de precipitação na Embrapa Cerrados (Planaltina-DF), com respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação (SANO et al., 2008).

Mês	Média (mm)	Desvio-Padrão (mm)	Coefficiente de Variação (%)
Janeiro	255,4	137,8	53,9
Fevereiro	180,7	96,4	53,3
Março	224,2	116,5	51,9
Abril	93,5	49,9	53,3
Mai	26,5	28,1	106,1
Junho	5,1	9,3	184,1
Julho	5,4	13,2	244,4
Agosto	14,6	15,9	108,7
Setembro	39,9	37,5	93,8
Outubro	128,6	86,7	67,4
Novembro	191,4	78,2	40,8
Dezembro	231,5	95,9	41,4

A estacionalidade das chuvas pode ocasionar efeitos prejudiciais às plantas, se o período de restrição hídrica coincidir com a época crítica de necessidade de água, afetando a produtividade da lavoura (LOPES, 1984; FELIPE, 2008). A demanda hídrica da cana-de-açúcar é de 1.500 a 2.500 mm por ciclo vegetativo (DOOREMBOS; KASSAM, 1979), e pode variar conforme os diferentes estádios fenológicos da cultura (GAVA et al., 2010), como também das condições técnicas do manejo (SILVA et al., 2012).

Na safra 2011/2012, a lavoura de cana-de-açúcar apresentou um desenvolvimento abaixo do ideal e inferior ao da safra passada, levando a uma

produtividade menor que a estimada inicialmente pelos produtores. As causas para esta queda foram diversas, mas o clima foi o principal fator que ocasionou diminuição da produção. As chuvas escassas em toda a região Centro-Oeste e Sudeste resultaram em problemas com relação à brotação e ao desenvolvimento do canavial, tanto nas áreas colhidas, como nas áreas de renovação e expansão (CONAB, 2011).

A média brasileira de produtividade para a safra 2011/12 foi de 67.06 ton. ha⁻¹ (CONAB, 2012a), uma redução expressiva com relação à safra 2010/2011, que foi de 77.5 ton. ha⁻¹, e essa retração na produtividade foi ocasionada principalmente pelo menor volume de chuvas (CONAB, 2011).

Nas áreas de expansão, que tem como característica longos períodos de deficiência hídrica, é possível observar a baixa produtividade, e tal fator denota que o aumento da produção de cana-de-açúcar no Brasil não ocorreu pelo incremento de toneladas de colmos colhidos por hectare, mas sim pelo surgimento de novas áreas de produção (ARANTES, 2012). A expansão em si é um fator positivo, mas a percepção de que o aumento da produção foi ocasionado pelo o aumento da área de cultivo, torna o sistema produtivo da cana-de-açúcar distante da condição ideal, que seria o aumento do rendimento por hectare plantado.

A estacionalidade das chuvas, que ocasiona o déficit hídrico na região Centro-Oeste, é um problema dessa área de expansão canavieira. Na Tabela 2 é possível observar as variações da safra 2011/2012 para a safra 2012/2013 com relação ao aumento da área, produção e produtividade em várias regiões canavieiras do Brasil.

Tabela 2. Comparativo de área, produtividade e produção das safras 2011/12 e 2012/13 (CONAB, 2012a).

REGIÃO /UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg ha ⁻¹)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 2011/12	Safra 2012/13	VAR. %	Safra 2011/12	Safra 2012/13	VAR. %	Safra 2011/12	Safra 2012/13	VAR. %
NORTE	34,400	43,360	26,00	73.522	71.882	(2,23)	2.529,2	3.116,8	23,20
RO	2,770	3,450	24,72	56.712	77.840	37,30	157,1	268,5	70,90
AC	0,570	0,570	-	92.352	92.500	0,20	52,6	52,7	0,20
AM	3,780	3,680	(2,71)	75.918	76.482	0,70	287,0	281,5	(1,90)
PA	12,570	12,570	-	53.012	55.000	3,80	666,4	691,4	3,80
TO	14,710	23,090	57,00	92.872	78.940	(15,0)	1.366,2	1.822,7	33,4
NORDESTE	1.108,220	1.099,700	(0,80)	56.755	57.268	0,90	62.896,7	62.978,1	0,10
MA	39,570	41,870	5,81	57.255	60.564	5,80	2.265,6	2.535,8	11,90
PI	13,910	14,810	6,50	71.312	70.000	(1,80)	992,0	1.036,7	4,5
CE	1,990	2,150	8,00	60.000	78.000	30,00	119,4	167,7	40,50
RN	62,260	60,390	(3,00)	47.756	41.000	(14,10)	2.973,3	2.476,0	(16,70)
PB	122,590	122,710	0,10	54.842	51.830	(5,50)	6.723,1	6.360,1	(5,40)
PE	326,110	309,740	(5,02)	54.099	55.100	1,90	17.642,2	17.066,7	(3,30)
AL	463,650	448,860	(3,19)	59.755	59.562	(0,30)	27.705,4	26.735,0	(3,50)
SE	35,540	43,360	22,00	53.979	63.736	18,10	1.918,4	2.763,6	44,10
BA	42,600	55,810	31,00	60.031	68.743	14,50	2.557,3	3.836,5	50,00
CENTRO-OESTE	1.379,370	1.531,100	11,00	66.866	69.966	4,64	92.233,5	107.124,5	16,10
MT	220,090	235,430	6,97	59.765	68.337	14,30	13.153,7	16.088,6	22,30
MS	480,860	554,290	15,27	70.415	69.575	(1,20)	33.859,8	38.564,7	13,90
GO	678,420	741,380	9,28	66.655	70.775	6,20	45.220,1	52.471,2	16,00
SUDESTE	5.220,970	5.243,390	0,40	69.353	72.927	5,20	362.089,8	382.386,4	5,60
MG	742,650	721,860	(2,80)	67.652	74.200	9,70	50.241,8	53.562,0	6,60
ES	66,930	64,890	(3,05)	59.821	62.000	3,60	4.003,8	4.023,2	0,50
RJ	41,310	37,180	(10,00)	53.446	45.100	(15,60)	2.207,9	1.676,8	(24,10)
SP	4.370,080	4.419,460	1,13	69.938	73.114	4,50	305.636,4	323.124,4	5,70
SUL	613,140	610,220	(0,50)	66.240	67.228	1,50	40.614,7	41.024,0	1,00
PR	611,440	608,380	(0,50)	66.269	67.250	1,50	40.519,5	40.913,6	1,00
RS	1,700	1,840	8,00	55.956	60.000	7,20	95,1	110,4	16,10
NORTE/NORDESTE	1.142,620	1.143,060	-	57.259	57.823	1,00	65.425,8	66.094,9	1,00
CENTRO-SUL	7.213,480	7.384,710	2,40	68.613	71.842	4,70	494.938,0	530.534,9	7,20
BRASIL	8.356,100	8.527,770	2,10	67.060	69.963	4,30	560.363,8	596.629,8	6,50

Fonte: CONAB, 2012a

3.4 DÉFICIT HÍDRICO

3.4.1 ASPECTOS GERAIS

A restrição hídrica é um estresse ambiental que tem influência expressiva na agricultura. A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial, por esse motivo muitos esforços tem sido realizados para melhorar a produtividade dos cultivos agrícolas sob condições de seca (CATIVELLI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2012).

Nas regiões em que são observados períodos de déficit hídrico acentuado é necessário estudar a relação da cultura com a água, visando ter como resposta, o quanto a cultura tolera períodos de restrição hídrica para que estratégias de manejo possam ser adotadas (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005), pois o déficit hídrico pode ocasionar problemas ao desenvolvimento e à produtividade de várias culturas agrícolas (MACHADO et al., 2009; PIMENTEL, 2004).

O déficit hídrico pode ser definido como todo conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação, e ele ocorre quando a perda de água excede a absorção. A maioria das plantas está sujeita a uma deficiência de água durante o dia seguida de uma recuperação à noite (MORENO, 2009).

A seca pode ser definida de diferentes formas, a depender de inúmeros fatores, como por exemplo, a área de conhecimento em que essa definição será utilizada. No âmbito agrônomo e fisiológico a seca é definida como o déficit hídrico, comparado com o suprimento hídrico demandado para o máximo ou ótimo crescimento, que prejudica o crescimento e a produção das plantas (LOWER, 2012).

O estresse é em geral é definido como um fator externo, que exerce uma ação desvantajosa sobre a planta; ele ocasiona respostas (usualmente negativas quando comparadas a uma planta que está sob suprimento hídrico adequado) exibidas pelas funções da planta (células, organelas) devido ao decréscimo do conteúdo de água e da energia livre da água na planta e no ambiente.

O estresse é um fenômeno que ocasiona nas plantas alterações fisiológicas e bioquímicas, ocorrem mudanças estruturais e funcionais em todos os níveis

organizacionais, e estas ocorrem das moléculas grandes tais como proteínas e lípidos, e a agregações delas nas membranas, para as mais complexas organelas (cloroplastos, mitocôndrias), e em seguida, nas células, tecidos e órgãos, através de toda a planta (LOWER, 2012).

A tolerância à seca implica a capacidade da planta de suportar a restrição hídrica sem dano ou sofrimento, assim uma cultura tolerante á seca teria a capacidade de resistir ao déficit hídrico sem decréscimo da produtividade (LOWER, 2012). Essa aptidão da aptidão da planta em enfrentar o ambiente desfavorável pode aumentar em função da exposição ao estresse, assim considera-se que a planta está aclimatada, e a aclimação difere-se da adaptação, pois esta se refere a um nível de tolerância geneticamente determinado (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A presença de reservas de água dentro dos vacúolos das células ou no xilema possibilita a planta suportar severas faltas de água, por determinado tempo. A perda de água superior à absorção não pode ser tolerada por tempo indeterminado, e as plantas respondem a um suprimento reduzido de água ou a excesso de transpiração fechando os estômatos e essa resposta é ocasionada pela síntese de ácido abscísico nas folhas murchas. O ácido abscísico (ABA) pode ser produzido em folhas maduras e em situações de estresse pode ser exportado para as folhas em que a transpiração é mais intensa, causando o fechamento estomático e diminuindo a atividade fotossintética num curto intervalo de tempo (MORENO, 2009).

A planta que altera o metabolismo de várias maneiras para se adequar ao estresse ambiental, ou uma planta capaz de obter mais água ou que apresenta maior eficiência em seu uso, será mais tolerante à seca. Algumas plantas possuem adaptações a uma menor disponibilidade hídrica, como os tipos fotossintéticos C₄ e CAM, sendo que estas com o suprimento de água adequado apresentam maior eficiência de uso da água do que as plantas C₃.

Nas plantas CAM o fechamento dos estômatos durante o dia combinado com a fixação de CO₂ durante a noite, reduz a perda de água sem limitar a fotossíntese, essas plantas são as que mostram a maior eficiência de uso da água, entretanto, elas apresentam a menor taxa de crescimento. O estômato das espécies C₄ são menos sensíveis ao poder de desidratação da atmosfera, quando comparadas aos das plantas C₃ (PUGNAIRE et al., 1993). As plantas CAM e C₄ podem manter os estômatos fechados,

mantendo a assimilação de CO₂ e perdendo menos água (MAGALHÃES, 1979; PIMENTEL, 2004), elas exibem mecanismos de aclimação em resposta ao estresse hídrico.

Pesquisadores diferenciaram os mecanismos de resposta da planta à deficiência hídrica em quatro tipos. A limitação do crescimento para minimizar a perda de água é um desses mecanismos; existem também as adaptações morfológicas e fisiológicas, além de alterações metabólicas. As três primeiras formas de reação da planta ao estresse hídrico são processos complexos, conhecidos de forma incompleta, porém muitos progressos já foram obtidos no entendimento das mudanças ocorridas no metabolismo da planta, quando submetida ao estresse hídrico (BARBOSA, 2010).

3.4.2 DEFICIÊNCIA HÍDRICA: CANA-DE-AÇÚCAR

O déficit hídrico, na maioria das vezes, ocorre na planta quando a taxa de transpiração é mais intensa que a absorção de água, sendo comum em diversas culturas agrícolas. Esse processo também pode ocorrer com a cana-de-açúcar (BARBOSA, 2010); apesar dessa planta obter sistema fotossintético C₄ e ser adaptada às condições de elevada intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa escassez de água (ARANTES, 2012).

Segundo Maas e Hoffman (1977), a cana-de-açúcar é moderadamente sensível ao estresse hídrico. Doorembos e Kassam (1979), afirmam que as consequências da deficiência hídrica variam de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, este que é dividido em brotação e emergência, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação (GASCHO; SHIH, 1983).

Conforme a fase fenológica, o déficit hídrico tem maior ou menor impacto na produtividade agrícola (PIMENTAL, 2004; MACHADO et al., 2009). A cana-de-açúcar apresenta expressiva demanda hídrica no período do perfilhamento e do rápido crescimento que ocorre 60 a 150 dias após plantio (RAMESH, 2000; MACHADO et al., 2009) e foi relatado que é nesse estágio fenológico que a cultura está mais suscetível ao déficit hídrico, porque a planta obtém um rápido desenvolvimento, expressiva área foliar e dessa forma ela necessita de uma maior quantidade de água para viabilizar a troca de gases com a atmosfera (PIRES et al., 2008).

Em contraposição a essa informação, Doorembos e Kassam (1979) afirmaram que é o primeiro estágio fenológico da cultura o mais suscetível ao estresse hídrico, ou seja, a brotação e emergência, mas também existem relatos de que a suscetibilidade mais acentuada da cana-de-açúcar ao déficit hídrico ocorre quando as plantas estão na fase de crescimento dos colmos, o que causa prejuízos expressivos na produção de fitomassa e no rendimento de sacarose (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005; MACHADO et al., 2009).

Alterações morfofisiológicas são realizadas pela planta para evitar os efeitos da restrição hídrica, e mesmo considerando essas alterações, a cana-de-açúcar apresenta decréscimo significativo na produção de fitomassa (MACHADO et al., 2009). Tem-se observado que ocorre uma redução de 35% na produção de biomassa vegetal da cultura, em consequência da deficiência hídrica, num período de alta demanda evaporativa (INMAN- BAMBER, 2004). Existe uma variação genotípica da cana-de-açúcar quanto à tolerância ao déficit hídrico (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005) e essa característica tem controle multigênico (RODRIGUES et al., 2009).

Nas regiões em que a irrigação não está disponível, conhecimentos sobre a relação entre a água e a planta poderiam auxiliar na construção de um programa de melhoramento genético vegetal em que o fator seca seria uma das características importantes com relação à seleção dos materiais. O manejo do canavial também poderia ser influenciado por essas informações, de forma que houvesse sincronização do período de maior demanda hídrica da cultura com as precipitações regulares, evitando prejuízos ocasionados pelo estresse hídrico, e no período de déficit hídrico o canavial iniciasse a maturação dos colmos já que a restrição hídrica pode auxiliar no acúmulo de sacarose (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005; LAWLOR, 2013).

3.5 VARIAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DÉFICIT HÍDRICO

Análises biométricas da parte aérea da cana-de-açúcar permitem inferir a influência de fatores abióticos (adubação, irrigação, data de início e tipo do ciclo, clima, solo, variedade) e de fatores bióticos (doenças, pragas, entre outros) no rendimento final da cultura (SMIT; SILGLES, 2006; SILVA, 2012). A avaliação de algumas variáveis

morfológicas como altura e diâmetro dos colmos, plantas m^{-1} , área foliar e produtividade torna possível à identificação da capacidade produtiva de diferentes variedades (SUGAWARA; RUDORFF, 2011).

A identificação das prováveis variações no desenvolvimento da cultura, que ocorrem durante o ciclo, é fundamental para que se possa modelar e quantificar o crescimento da cana-de-açúcar em diferentes ambientes de produção (TERUEL et al., 1997, OLIVEIRA et al., 2010). A avaliação do crescimento vegetativo da cana-de-açúcar permite identificar as fases de desenvolvimento da cultura nos diferentes ambientes de cultivo, proporcionando sua condução de forma que o máximo desenvolvimento coincida com os períodos de maior disponibilidade hídrica e radiação solar, o que leva a cultura a expressar todo seu potencial genético, além de permitir manejar diferentes formas de adubação e tratos culturais (STONE et al., 1999, OLIVEIRA et al., 2010).

A cana-de-açúcar é uma cultura que perfilha de forma muito intensa na fase inicial do desenvolvimento, e com o passar do tempo, é possível observar o autossombreamento da cultura e este provoca alguns efeitos, induzindo a inibição do perfilhamento e a aceleração do desenvolvimento do colmo principal e dessa forma o crescimento em altura é contínuo até a ocorrência de alguma limitação no suprimento de água, ocorrência de temperaturas baixas ou ainda devido ao florescimento (RODRIGUES, 1995).

O período de exposição à seca afeta de forma negativa o crescimento da parte aérea, principalmente o número de folhas verdes, devido à progressão da senescência foliar, o que pode ocasionar uma menor interceptação da radiação solar e consequente redução na eficiência de uso da água e na fotossíntese. Devido à menor interceptação da radiação solar, ocorre um aumento da radiação transmitida pelo solo (INMAN-BAMBER, 2004), além disso, a deficiência hídrica também pode ocasionar a inibição do surgimento de novas folhas. O grau de ocorrência dessas alterações é decorrente da intensidade do estresse hídrico e dependente do genótipo (SMIT; SINGELS, 2006; MACHADO et al., 2009).

Segundo Inman-Bamber e Smith (2005), durante o período de estresse hídrico as folhas emergentes tendem a ficar acumuladas no cartucho da planta, isso porque o desenvolvimento é impedido pelo baixo potencial de água na planta e no solo. Quando o

adequado regime hídrico é retomado, essas folhas passam a se desenvolver de forma normal, sendo que após sete dias da retomada do suprimento hídrico adequado, as folhas da planta apresentam desenvolvimento parecido com o de plantas que não estavam sob nenhum tipo de estresse. O acúmulo das folhas no cartucho permite uma recuperação rápida e a retomada da expansão foliar quando o estresse é reduzido.

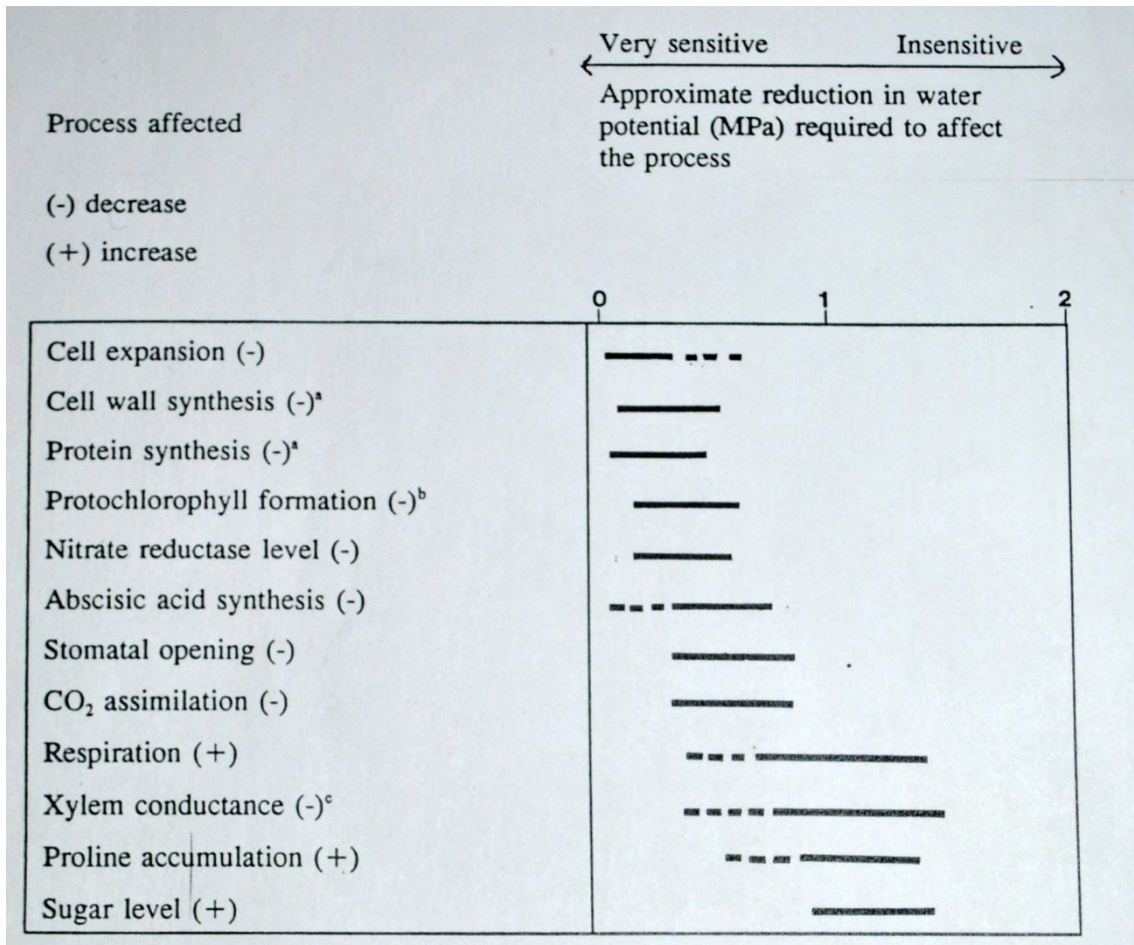
A redução do número de colmos e a formação de internódios menores são alterações morfológicas que podem ser observadas quando a cana-de-açúcar é submetida ao déficit hídrico (FELIPE, 2008). O diâmetro dos colmos também pode ser influenciado pelo regime hídrico que a planta está submetida, mas tal característica também depende da variedade plantada e do ciclo da mesma (SILVA; COSTA, 2004; SILVA et al., 2008).

O peso e o crescimento dos colmos são afetados de forma muito intensa e negativa quando a cana-de-açúcar é submetida a condições de estresse hídrico (SILVA; COSTA, 2004; SILVA et al., 2008), pois o crescimento das plantas é resultado da divisão e do alongamento celular e o estresse hídrico reduz diretamente o crescimento das plantas, diminuindo a assimilação de CO₂ e reduzindo a divisão e o alongamento celular (PUGNAIRE et al., 1993).

A formação da parte aérea da cultura desempenha papel muito importante no seu rendimento, interceptando a radiação solar, influenciando, sobretudo nos processos fotossintéticos e de transpiração da cultura, além de evitar o aparecimento de ervas daninhas, sendo, portanto, fator crucial do rendimento da cultura (BARBOSA, 2010). Além das avaliações biométricas, as análises fisiológicas podem auxiliar no processo de caracterização de uma variedade (GAVA et al., 2001, OLIVEIRA et al., 2010).

O metabolismo fotossintético da cana-de-açúcar é C₄, e por isso ela é considerada altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química, com taxas fotossintéticas calculadas em 100 mg de CO₂ fixado por dm² de área foliar por hora, mas essa intensa atividade fotossintética, não se correlaciona diretamente com a elevada produtividade de biomassa sendo que as características das variedades influenciam a eficiência fotossintética da cana-de-açúcar, além das condições climáticas que também são determinantes (RODRIGUES, 1995).

As plantas expostas ao déficit hídrico alteram seu metabolismo, pela ativação de diferentes mecanismos de tolerância para se adaptarem a esse tipo de estresse, sendo que qualquer diminuição na disponibilidade de água pode afetar de forma imediata o crescimento das plantas, provocando efeitos em diversos processos fisiológicos da planta, como é possível observar na Figura 2 (PUGNAIRE et al., 1993).



^aRápido crescimento dos tecidos ^bFolhas estioladas ^cDeve depender das dimensões do xilema

Figura 2. Sensibilidade relativa ao estresse hídrico com relação a vários processos fisiológicos da planta. As barras sólidas horizontais indicam a gama de níveis de estresse dentro dos quais processos fisiológicos da planta são primeiramente afetados. As barras fragmentadas indicam a porção da faixa do potencial hídrico em que a resposta fisiológica não está bem estabelecida (PUGNAIRE et al., 1993).

O déficit hídrico reduz de forma drástica a capacidade fotossintética da cana-de-açúcar, e afeta diversos processos fisiológicos. As respostas fisiológicas ao estresse

hídrico ocorrem de forma rápida, e nesse processo de mudanças metabólicas, ocorre o fechamento dos estômatos (Figura 2), que gera uma série de alterações, como a redução do suprimento de CO₂ para a fotossíntese, aumentando a resistência difusiva ao vapor de água, reduzindo a transpiração, o que afeta a dissipação da energia térmica e o transporte de nutrientes por fluxo de massa, entre outros (WU; CAMPBELL, 2007), e vários desses efeitos refletem nos mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente (HESCHEL; RIGINOS, 2005; OLIVEIRA et al., 2012).

Entre os fatores ambientais que mais influenciam na conversão de energia em açúcar na cultura da cana-de-açúcar pode-se citar a energia solar; a concentração de CO₂; a temperatura; a disponibilidade de água e de nutrientes (GAVA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012). A conversão de energia solar em energia à base de carbono implica em perda de água, e esta é consideravelmente maior que o ganho de C. Numa base molar, o gradiente de difusão do vapor de água para a atmosfera é mais intenso do que o gradiente de CO₂ da atmosfera para a folha (PUGNAIRE et al., 1993).

Existem algumas mudanças nos processos fisiológicos e na estrutura da planta em resposta ao estresse hídrico, como a mudança de seu comportamento na abertura e fechamento dos estômatos, menor volume celular, redução da área foliar, aumento da espessura foliar, folhas com a presença de tricomas, aumento do sistema radicular em área de alcance e em profundidade, além de muitas mudanças na produção e atividade de enzimas e hormônios (PUGNAIRE et al., 1993).

Respostas ao estresse hídrico como a aclimação incluem o ajustamento do potencial osmótico pela acumulação de solutos, mudanças na elasticidade da parede celular e mudanças morfológicas. As respostas em longo prazo e adaptações à seca incluem mudanças morfológicas específicas, características geneticamente fixadas e sofisticados mecanismos fisiológicos (PUGNAIRE et al., 1993).

O fechamento dos estômatos, apesar de ser uma maneira eficaz de evitar a desidratação, pode reduzir a fotossíntese abaixo do ponto de compensação, especialmente em ambientes mais secos e pode ser por esse motivo que é ocasionado um desequilíbrio, porque ocorre a redução da taxa de transpiração e a fotoinibição (PUGNAIRE et al., 1993).

As adaptações metabólicas ao estresse hídrico podem explicar como as plantas, com diferentes formas de realizar a fotossíntese, diferem com relação à sensibilidade a umidade da atmosfera e ao gradiente resultante da pressão de vapor de água da folha para o ar e essas adaptações estão associadas aos mecanismos que a planta possui para evitar a desidratação (PUGNAIRE et al., 1993).

3.6 MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CANA-DE-AÇÚCAR

A irrigação tem como objetivo aumentar a produtividade agrícola tanto em quantidade como em qualidade e ainda proporcionar a expansão agrícola para novas áreas em que o fator limitante é o período de déficit hídrico acentuado (ARANTES, 2012). O manejo da irrigação é feito em função do tipo e das características do solo, da variedade plantada, do estágio fenológico da cultura e das condições climáticas (SILVA et al., 2012).

Além do manejo da irrigação, o momento de aplicar a lâmina de água é de grande importância, depende da fase de crescimento da cultura e das condições meteorológicas e para maximizar a lucratividade dos sistemas de produção irrigados, a quantidade de água a ser aplicada também deve ser baseada na demanda hídrica e no manejo da cultura (SILVA et al., 2012).

A região Centro-Oeste, como área de expansão canavieira, apresenta problemas com relação à disponibilidade hídrica, devido ao longo período de seca. A irrigação pode ser uma ferramenta para o produtor viabilizar a produção e aumentar a produtividade da cana-de-açúcar na região, sendo que a utilização dessa tecnologia possibilita o suprimento adequado à demanda hídrica da cultura, evitando assim que a planta seja submetida a períodos de intensa restrição hídrica (ARANTES, 2012).

O cultivo irrigado da cana-de-açúcar proporciona aumento da produtividade, da produção e do número de cortes por plantio, além de promover a sustentabilidade econômica da atividade sucroalcooleira (ARANTES, 2012). Portanto, a irrigação e o manejo racional da mesma são fatores fundamentais para maximizar a produtividade do setor canavieiro (DANTAS NETO et al., 2006; GAVA et al., 2011).

O manejo de irrigação adequado implica a identificação dos padrões de crescimento da cana-de-açúcar, permitindo selecionar variedades edafoclimaticamente adaptadas aos diferentes ambientes de produção e que se sejam eficientes no uso da água (OLIVEIRA et al., 2010). A cana-de-açúcar é uma cultura que demanda um grande volume de água (WIEDENFELD, 2004), e o conhecimento da demanda hídrica em determinadas fases fenológicas da cultura é de grande importância, pois essa informação poderá ser utilizada nas áreas irrigadas, visando aumentar a eficiência da irrigação através de melhorias no dimensionamento e no manejo dos sistemas de irrigação (SILVA et al., 2012).

As respostas da cultura à irrigação dependem de um conjunto de fatores, como por exemplo, as lâminas de água aplicadas e a quantidade de fertilizante empregada no manejo da fertilidade do solo (DANTAS NETO et al., 2006). Os fatores que interferem na produção e na qualidade da cana-de-açúcar devem ser constantemente estudados sob diferentes aspectos.

O estudo da cultura em seu ambiente de desenvolvimento pode gerar uma grande quantidade de informações para adequar o melhor manejo e a variedade a ser plantada em ambientes específicos (solo e clima), e assim explorar o máximo potencial do local de produção, para promover o melhor rendimento da cultura e uma maior lucratividade ou competitividade para as agroindústrias canavieiras (MAULE et al., 2001).

Segundo Doorenbos e Kassam (1979) a necessidade hídrica da cana-de-açúcar é de 1.500 a 2.500 mm por ciclo vegetativo e o manejo da irrigação deve ser feito de acordo com as fases fenológicas de cada variedade, logo a informação da relação da água com a cana-de-açúcar pode ser utilizada para a execução de um manejo de irrigação mais eficaz. É compreensível que os produtores de cana-de-açúcar, que possuem um sistema de irrigação adequado com água disponível manejem a lavoura de forma que não ocorra nenhum tipo de estresse hídrico, entretanto a cana-de-açúcar pode suportar certo grau de deficiência hídrica sem que ocorram prejuízos na produção de biomassa e acumulação de sacarose (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

A fase fenológica em que ocorre o desenvolvimento vegetativo acentuado, como o máximo perfilhamento, é a mais sensível ao estresse hídrico e provavelmente, esse estresse é inevitável em muitas situações, até mesmo em sistemas produtivos em que a

água destinada à irrigação seja abundante. A cana-de-açúcar tem tolerância moderada ao estresse hídrico, e a lâmina de água que será aplicada na cultura talvez não necessite ser 100% do que é demandado.

O manejo da irrigação da cana-de-açúcar deverá ser feito visando aumentar a eficiência e a sustentabilidade do processo produtivo, visto que o aumento crescente no uso da água tem exigido o aprimoramento de técnicas nos sistemas de produção agrícolas de modo que permitam reduzir o volume de água aplicado (SILVA et al., 2012), sendo que na região Centro-Oeste muitos aspectos ligados aos sistemas produtivos irrigados necessitam, ainda, ser aprimorados.

O manejo da irrigação em algumas áreas de produção da região Centro-Oeste se apresenta como um desafio. É indiscutível a necessidade de se empregar a irrigação nesse sistema produtivo, mas é importante conhecer exatamente qual lâmina de água se deve aplicar para se maximizar o uso eficiente da água e, além disso, utilizar variedades que sejam responsivas à irrigação de forma progressiva, pois é evidente a existência de diferenças consideráveis entre os genótipos com relação à responsividade à irrigação e a tolerância à seca (SILVA et al., 2008).

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARBOSA, F. S. **Resistência á seca em cana-de-açúcar para diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo.** 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2010.

CATIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F. W.; MAZZUCOTELLI, E.; MASTRANGELO, A. M.; FRANCIA, E.; MARE, C. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 105, p.1-14, 2008.

CESAR, M. A. A.; DELGADO, A. A.; CAMARGO, A. P. de; BISSOLI, B. M.; SILVA, F. C. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana -de -açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.6, p.32-38, 1987.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira:** cana-de-açúcar. Terceiro levantamento, dezembro/2011. Brasília: Conab, 2011. p. 20.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira:** cana-de-açúcar. Segundo levantamento, agosto/2012. Brasília: Conab, 2012. p.18. - A

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira:** cana-de-açúcar. Terceiro levantamento, dezembro/2012. Brasília: Conab, 2012. p.18. - B

DANTAS NETO, J.; FIGUERÊDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. A. de; AZEVEDO, H. M. de; AZEVEDO, C. A. V. de. 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.

DETMANN, K. S. C.; DELGADO, M. N.; REBELLO, V. P. A.; LEITE, T. S.; AZEVEDO, A. A.; KASUYA, M. C. M.; ALMEIDA, A. M. Comparação de métodos para a observação de fungos micorrízicos arbusculares e endofíticos do tipo dark septate em espécies nativas de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1883-1890, 2008.

DOORENBOS, J; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO (Irrigation and Drainage Paper, 33), 1979. 197 p.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Eficiência no uso da água na cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de zinco no litoral paraibano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n. 3, p.494-506, 2008.

FELIPE, D. C. **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*)**. 2008. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Areia, 2008.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEERE, I.D., PEET, M.M. **Crop-water relations**. New York: A Wirley Interscience, 1983, p. 445-479.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1347-1354, 2001.

GAVA, G. J. C.; KÖLLN, O. T.; URIBE, R. A. M.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: CRUSCIOL, C. A. (Org.). **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, v. 1, 2010. p. 49-66.

GAVA, G. J. de C.; SILVA, M. A.; SILVA, R. C.; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, O. T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 250-255, 2011.

GOEDERT, W. J. Uso e manejo dos recursos naturais do Cerrado: solo e clima. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5, 1979, Brasília. **Cerrado: uso e manejo**. Brasília: Editerra, 1980. p.475-498.

GOMES, B. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p. 137-153, 2004.

HESCHEL, M. S.; RIGINOS, C. Mechanisms of selection for drought stress tolerance and avoidance in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae). **American Journal of Botany**, Saint Louis, v.92, n. 1, p.37-44, 2005.

IBGE. **Estatística da produção agrícola**. Brasília: IBGE, 2012. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 dez. 2012.

IBGE. **Previsão de safra: cana-de-açúcar**. Brasília: IBGE, 2008. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 07 dez. 2012.

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

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

JUNQUEIRA, M. O Brasil é líder em projetos de carbono. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 07, abril, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; ADAIR, H. **Integração lavoura - pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

LAWLOR, D.W. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 64, n. 1, p. 83-108, 2013.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado**: características, propriedades e manejo. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162 p.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, ASCE, Reston, v.103, n. 2, p.115-134, 1977.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JR., G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p.295-301, 2001.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p.1575-1582, 2009.

MAGALHÃES, A. C. N. Fotossíntese. In: FERRI, M. G. (Ed.) **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica, 1979. p. 117-180.

MENEGUELLO, L. A.; CASTRO, M. C. A. A. O Protocolo de Kyoto e a geração de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar como mecanismo de desenvolvimento limpo. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, Campo Grande, v. 8, n. 1, p. 33- 43, 2007.

MIRANDA, J. R. **História da cana-de-açúcar**. Campinas: Komedi, 2008. 167p.

MORAES, M. A. F. D. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 605-619, 2007.

MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. B. R. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 9 - 47, 2008.

MORENO, L. P. F. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 27, n. 2, p. 179-191, 2009.

NAKANO, O. **Entomologia econômica**. 1 Ed. 2011, 464p.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972. 166 p.

OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B. M. T.; FREIRE, F. J.; JÚNIOR, M. A. L.; MACHADO P. R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 951-960, 2010.

OLIVEIRA, R. C.; ROSA, M.; COSTA, A. C.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; GAVA, G. J. de C. Efeitos da restrição hídrica e de nitrogênio no crescimento e na fisiologia da cana-de-açúcar. In: Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, IV Winotec, 2012, Fortaleza. **Proceedings...**, protocolo 138.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: EDUR, 2004, 191 p.

RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v.185, p.83-89, 2000.

RIPOLI, T. C.C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V. I.; YOSHIRO, B. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2006, 216 p.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. 1995. 101f. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1995.

RODRIGUES, F. A.; LAIA, M. L.; ZINGARETTI, S. M. Analysis of gene expression profiles under water stress in tolerant and sensitive sugarcane plants. **Plant Science**, Ireland, v. 176, p. 286-302, 2009.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2v. 1279 p.

SILVA, D. B.; SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2001. 179p.

SILVA, A. L. C.; COSTA, W. A. J. M. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. **Tropical Agricultural Research**, Peradeniya, v. 16, p. 1-12, 2004.

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. 655-661. 2008.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. S.; JÚNIOR, W. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

SUGAWARA, L. M.; RUDORFF, B. F. T. Acompanhamento do crescimento vegetativo da cana-de-açúcar por meio de séries temporais de NDVI do sensor Modis. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- INPE, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** p. 0391.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 91-97, 2006.

STONE, P. J.; SORENSEN, I. B.; JAMIESON, P. D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool temperature climate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.48, p.169-178, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEJERA, N. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.102, p.64 - 72, 2007.

TERUEL, D. A.; BARBIERE, V.; FERRARO JÚNIOR, L. A. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water conditions. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, n. spe, p.93 - 44, 1997.

PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (E.d.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p. 631-670.

PUGNAIRE, F. I.; ENDOLZ, L. S.; PARDOS, J. Constraints by water stress on plant growth. In: PESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop Stress**. 1993. p. 271 - 284.

VIDAL, J. W. B. A posição do Brasil frente ao novo ambiente mundial. **Revista Eco 21**, n. 75, 2003. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 27 nov. 2012.

WIEDENFELD, B. Scheduling water application on drip irrigated sugarcane. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.64, p.169–181, 2004.

WU, C. A., CAMPBELL, D. R. Leaf physiology reflects environmental differences and cytoplasmic background in *Ipomopsis* (Polemoniaceae) hybrids. **American Journal Botany**, Saint Louis, v.94, p.1804-1812, 2007.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

4.1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das culturas de maior importância econômica para o Brasil, sendo matéria prima para a produção de açúcar e álcool e, além disso, pode gerar energia elétrica a partir da queima do bagaço proveniente da moagem, como também ser utilizada na alimentação animal (DALRI; CRUZ, 2008; TRENTIN et al., 2011). Mudanças institucionais importantes no âmbito internacional e nacional, como o Protocolo de Kyoto, ocasionaram uma crescente demanda por recursos energéticos substitutos ao petróleo, e assim a agroindústria canavieira nacional iniciou uma nova fase de crescimento (MORAES, 2007; GUIMARÃES, 2011).

A expansão do setor sucroalcooleiro está ocorrendo em regiões cujo cultivo da cana-de-açúcar não era comum (ARANTES, 2012); na região Centro-Oeste, na safra 2011/2012, houve um crescimento significativo de 233.840 mil hectares no seu cultivo (CONAB, 2012). Em contraposição ao relevo plano que facilita a mecanização e ao baixo custo de aquisição das áreas de produção, essas zonas de expansão apresentam estacionalidade pluviométrica, e esse longo período de deficiência hídrica pode afetar o desenvolvimento e a produção dos canaviais (ARANTES, 2012; CONAB, 2012).

A restrição hídrica é uma situação que ocorre com frequência nos sistemas de produção da cana-de-açúcar em condições de sequeiro (TRENTIN et al., 2011), causando danos aos cultivos agrícolas, sendo um dos principais fatores responsáveis pela redução da produtividade dos canaviais (MACHADO et al., 2009; PIMENTEL, 2004). Dependendo da severidade do estresse, da variedade e da fase fenológica, as plantas tendem a fechar os estômatos, enrolar as folhas e realizar ajustes osmóticos como mecanismos de tolerância à diminuição da água disponível na área de produção (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

Segundo Inman-Bamber (2004), se ocorrer estresse hídrico durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar, haverá restrição em processos fisiológicos como a divisão celular, reduzindo também de forma acentuada a capacidade fotossintética. As respostas fisiológicas a este estresse ocorrem de forma rápida, e nesse processo de

mudanças metabólicas, ocorre o fechamento dos estômatos, que gera uma série de alterações, como a redução do suprimento de CO₂ para a fotossíntese, aumentando a resistência difusiva ao vapor de água, reduzindo a transpiração, o que afeta a dissipação da energia térmica e o transporte de nutrientes por fluxo de massa (WU; CAMPBELL, 2007) e vários desses efeitos refletem nos mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente (HESCHEL; RIGINOS, 2005; OLIVEIRA et al., 2012).

Uma alternativa para a expansão canavieira em regiões sob acentuada restrição hídrica pode ser a utilização da irrigação para suprir a demanda hídrica da cultura (DARLI; CRUZ, 2008). Diversas pesquisas relacionadas a diferentes manejos hídricos na cultura da cana-de-açúcar têm identificado a ocorrência de um incremento da sua produtividade quando em sistema irrigado, em contraposição ao manejo no sequeiro (DARLI; CRUZ, 2008; SANTOS, 2010; ARANTES, 2012).

Em regiões com precipitação irregular, os produtores utilizam a irrigação para atingir metas satisfatórias de produção, no entanto, em algumas áreas não há disponibilidade de reservatórios de água para que a irrigação possa ser realizada, assim a utilização de variedades de cana-de-açúcar tolerantes ao déficit hídrico é necessária para manter a produção nestas regiões (SILVA et al., 2007). O conhecimento da resposta da planta à disponibilidade hídrica é imprescindível para a seleção de uma variedade apropriada para condições climáticas específicas como também para a adoção de práticas de manejo da cultura, visando maximizar o uso eficiente da água (SMIT; SINGELS, 2006).

Assim, os programas de melhoramento vegetal devem divulgar as características com relação à tolerância à seca e a responsividade à irrigação das variedades disponíveis no mercado, facilitando o planejamento do plantio do canavial, pois o produtor rural das áreas de expansão, cuja disponibilidade hídrica é limitante, poderá selecionar a variedade que se adapta melhor ao sistema produtivo empregado.

Segundo O'Neill et al. (2006), técnicas que avaliam efeitos morfológicos e fisiológicos de forma indireta e rápida podem ser eficientes para diferenciar genótipos tolerantes e susceptíveis à deficiência hídrica. A identificação de ferramentas adequadas de seleção e a obtenção de parâmetros quantitativos que indiquem a tolerância à seca podem facilitar o processo de melhoramento da cana-de-açúcar, visto que há dificuldade

em se identificar uma única característica que possa ser utilizada para a seleção (PINCELLI, 2010), visto que a tolerância à seca é uma característica multigênica (RODRIGUES et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar respostas quanto ao potencial hídrico (Ψ_w) foliar, parâmetros fotossintéticos, índice de clorofilas e índice de área foliar da primeira soca de duas variedades de cana-de-açúcar, RB867515 e RB855536, submetidas aos regimes hídricos, irrigado e sequeiro.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área de 0,36 hectares, localizada na EMBRAPA Cerrados, situada na BR 020 Km 18 (latitude 15°39'84'' sul e longitude 47°44'41'' oeste), próxima a cidade de Planaltina-DF. A altitude da área é de aproximadamente 1014 m com temperatura e pluviosidade média anual de 21,9°C e 1.395,6 mm, respectivamente. O clima é classificado como tropical estacional (Aw), conforme Köppen, sendo caracterizado por duas estações bem definidas, seca e chuvosa, assim como a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação chuvosa (veranicos) (SANO et al., 2008).

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado (EMBRAPA, 2006). Nesta área, inicialmente foi realizada uma adubação corretiva (a lanço e incorporada) de 500 Kg ha⁻¹ de gesso e 50 Kg ha⁻¹ de FTE BR-10 (pó) e, em seguida, a adubação de plantio na dose de 600 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 04-30-16. A adubação de cobertura, aplicada de forma manual e após o primeiro corte das plantas, foi realizada em dois períodos, no início de maio na dose de 400 kg ha⁻¹ de NPK (formulação 20-00-20) e junho de 2011 na dose de 600 kg ha⁻¹ de NPK (formulação 20-00-24).

O plantio manual da cana-de-açúcar foi realizado em 18 de junho de 2010, sendo utilizadas duas variedades, a RB867515 e a RB855536, ambas de maturação média (colheita de julho a novembro). A RB867515 é uma variedade de rápido desenvolvimento, a qual facilitou a expansão dos canaviais para solos de baixa fertilidade, arenosos e com restrições hídricas, e que tem como característica

morfológica o hábito de crescimento ereto, média despalha, perfilhamento médio com colmos de diâmetro médio, boa brotação de soqueira, resistência ao acamamento, pouco florescimento e izoporização. A zona radicular desta variedade é de largura média, sem enraizamento aéreo, folhas de largura média e boa capacidade de brotação. Além disso, possui alto teor de sacarose, alta produtividade agrícola e resistência à ferrugem comum e alaranjada, ao carvão, escaldadura e intermediária resistência á broca do colmo (RIDESA, 2010).

A variedade RB855536 apresenta bom touceiramento, colmos eretos, de diâmetro médio e cor arroxeadas e bainhas semiabertas de fácil despalha. Possui alta produtividade industrial, ausência de florescimento e ótima brotação de soqueira, mesmo sob palha, o ideal é que a variedade seja plantada em ambientes de elevada fertilidade e com suprimento hídrico adequado. Quando o plantio é precoce (dezembro a janeiro) pode ocorrer estresse hídrico muito forte se o inverno for muito seco. A RB855536 é resistente à escaldadura, mosaico, carvão e estrias vermelhas (RIDESA, 2010).

O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos ao acaso com três repetições em parcelas subdivididas; cada variedade constituía uma parcela as quais foram subdivididas formando os níveis de água (irrigado e sequeiro) aos quais as plantas foram submetidas. Desta forma, a unidade experimental era composta por uma subparcela (regime hídrico) com cinco observações em três diferentes blocos. A área da subparcela era formada por uma fileira de plantas com 4 metros de comprimento e 1,5 metros de largura, sendo a área útil formada pelos 3 metros centrais da mesma, descartando 0,5 metro de cada lado para evitar o efeito da bordadura. No experimento a irrigação foi aplicada conforme o sistema Line Source Sprinkler System, descrito por Hanks et al. (1976), em que a lâmina de água aplicada na cultura descrese do centro para as extremidades da área.

O manejo da irrigação foi realizado com base na metodologia FAO 56 (ALLEN et al., 1998) e nos dados climatológicos, coletados nos meses de janeiro a dezembro de 2011 na estação meteorológica próxima ao experimento (Figura 3).

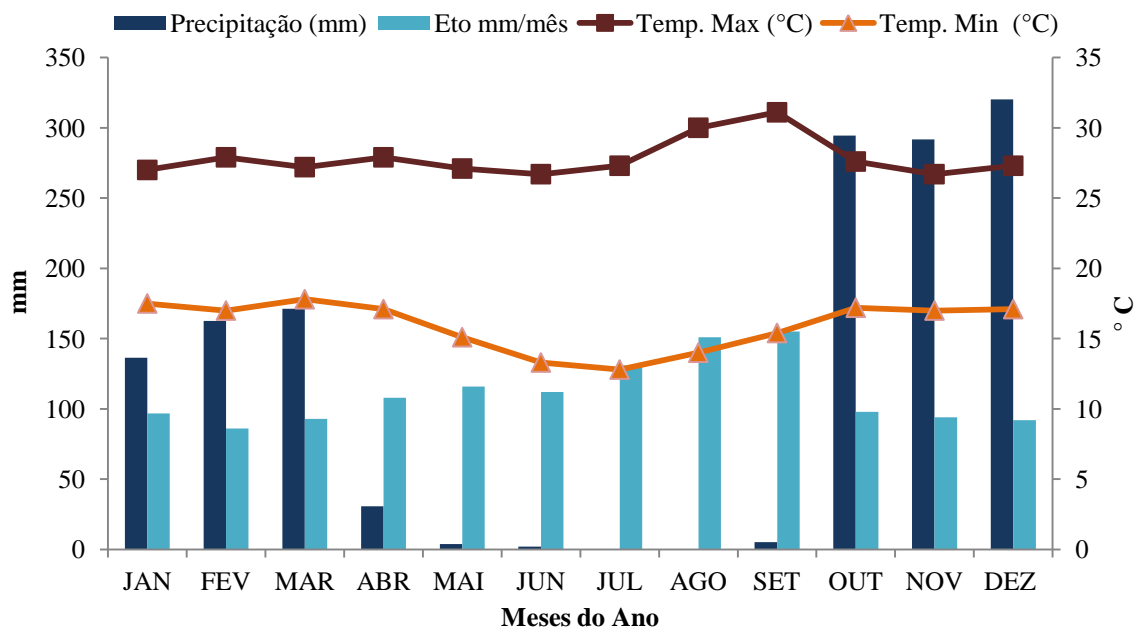


Figura 3. Precipitação e evapotranspiração potencial total mensal e média mensal das temperaturas máxima e mínima, o ano de 2011. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

Em maio de 2011 foi realizado o primeiro corte das plantas e após a nova brotação do canavial, que ocorreu aproximadamente de 20 a 30 dias após o corte, foi realizada uma irrigação de salvamento com uma lâmina de água de aproximadamente 60 mm devido à baixa precipitação neste período. Em seguida, as duas variedades de cana (RB867515 e RB855536) foram submetidas a dois regimes hídricos: Irrigado (I) e Sequeiro (S). Destacando que no período em que foram realizadas as avaliações, na área experimental não houve ocorrência de chuva, embora tenha sido registrada uma precipitação de 5,3 mm no mês de setembro (Figura 1), esta ocorreu após a última avaliação do experimento.

Para o tratamento irrigado, as subparcelas de cada bloco de ambas as variedades receberam lâminas de irrigação que corresponderam a aproximadamente 100% da evapotranspiração potencial da cultura, estimada através do balanço climatológico, e estas foram aplicadas via sistema autopropelido com barra irrigadora com bocais conjugados e emissores XI-Wobbler. A rega foi realizada em intervalos de 15 dias, totalizando ao final do período de avaliação uma lâmina de 415,7 mm.

Para o tratamento de sequeiro, após a irrigação de salvamento, o suprimento hídrico foi completamente suspenso na tentativa de reproduzir a realidade dos sistemas de produção de algumas usinas da região Centro-Oeste, que tem canaviais implantados em áreas sob longos períodos de deficiência hídrica devido à estacionalidade pluviométrica.

As duas variedades, em cana-soca após o primeiro corte, foram avaliadas quanto a suas respostas fisiológicas nos diferentes regimes hídricos a partir de parâmetros como: potencial hídrico (Ψ_w) foliar, taxa fotossintética (fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração) e o índice de clorofilas, avaliados em 28/07; 25/08 e 16/09 de 2011, ou seja, aos 86, 113 e 133 dias após o corte (DAC) do canavial, realizado em 03/05 de 2011. Além destes parâmetros, também foi avaliado o índice de área foliar (IAF) aos 86, 99 e 145 DAC. Para os diferentes parâmetros analisados, cinco colmos de cada variedade foram selecionados de forma aleatória na área útil de cada subparcela, sendo utilizada a terceira folha com lígula visível, classificada pela escala de Kuijper como a folha +3, pois esta é completamente desenvolvida fisiologicamente e com anatomia totalmente expandida.

O Ψ_w foliar foi avaliado na antemanhã com o auxílio de um aparelho determinador da estabilidade hídrica das plantas (bomba de Scholander, modelo 3005, Soil). Assim, a folha +3 dos distintos colmos foi destacada e uma porção da região mediana foi cortada, de forma que ficasse compatível ao espaço disponível na câmara da bomba para a determinação do seu potencial de água, sendo os valores observados considerados representativos do “status” hídrico da planta inteira.

A avaliação dos parâmetros fotossintéticos também foi realizada na folha +3, porém, a partir de colmos distintos aos selecionados para a avaliação do Ψ_w , por ser uma análise destrutiva e assim poder afetar a taxa fotossintética das plantas. As avaliações foram realizadas no período da manhã (entre 8:00 e 11:00 horas), período subsequente a determinação do Ψ_w . Para tanto, foi utilizado o medidor de trocas gasosas IRGA (Marca ADC, Modelo LC Pro S/ 32662).

O índice de clorofilas foi avaliado no mesmo período dos parâmetros fotossintéticos, com o auxílio de um clorofilometro digital, (SOIL CONTROL, CFL-1030), sendo posicionado no terço médio da folha para realizar as mensurações. O

índice de área foliar (IAF) foi determinado por meio do equipamento SunScan (SunScan Canopy Analysis System SS1. UM. 1M, DELTA-T). Para este parâmetro, foram utilizadas parcelas distintas das destinadas a avaliação do Ψ_w que é uma análise destrutiva e assim interferir na área foliar das plantas.

Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS (Statistical Analysis System), com nível de significância a 5% e o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi utilizado para a comparação das médias.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O status hídrico das duas variedades de cana-de-açúcar, caracterizado a partir da avaliação do potencial hídrico foliar (Ψ_w), apresentou redução significativa nas plantas submetidas à restrição hídrica (sequeiro) quando comparadas as mantidas irrigadas nos três períodos avaliados (Figura 4). Na primeira avaliação, aos 86 DAC, a variedade RB855536 apresentou um Ψ_w 18,2% inferior nas plantas do tratamento sequeiro em relação ao irrigado, para a variedade RB867515, essa redução foi de 43,7%. Nos períodos subsequentes (113 e 133 DAC), a diferença no Ψ_w entre os tratamentos para a variedade RB867515 permaneceu semelhante à observada na primeira avaliação. Entretanto, para a RB855536, houve uma redução bem mais acentuada, chegando a valores em torno de 100% inferiores nas plantas do tratamento sequeiro em relação ao irrigado aos 133 DAC.

Desta forma, este parâmetro permitiu diferenciar o comportamento das duas variedades em relação aos regimes hídricos, sendo que, no tratamento irrigado somente aos 86 DAC houve diferença significativa entre as variedades, com menor redução para a RB867515. Por outro lado, neste mesmo período, no tratamento sequeiro não houve diferença significativa entre as variedades, porém, ao estender o período de estresse, aos 113 e 133 DAC, as duas variedades apresentaram comportamento distinto, onde a RB855536 foi significativamente mais sensível ao déficit hídrico (Figura 4).

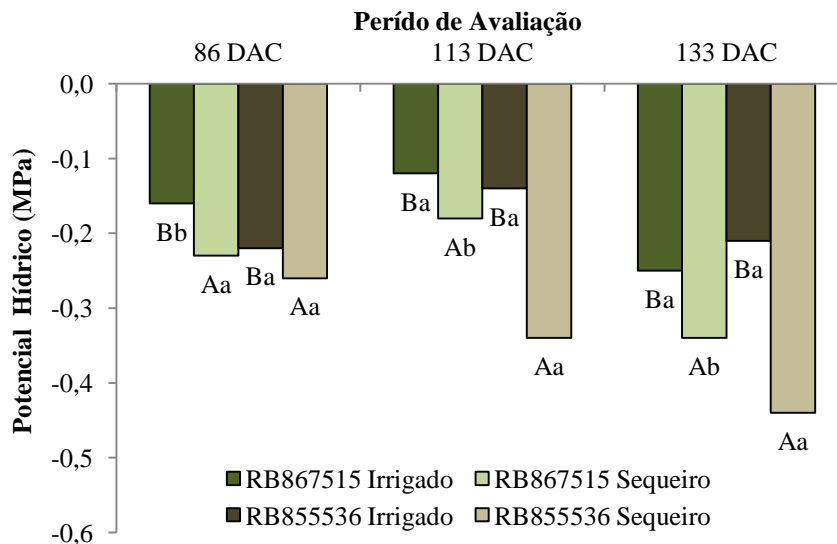


Figura 4. Potencial hídrico foliar de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 86, 113 e 133 dias após o corte (DAC), cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme relatado por Pincelli (2010), as respostas morfofisiológicas da cana-de-açúcar a deficiência hídrica são mais pronunciadas e de fácil verificação após um maior período sob restrição hídrica. Segundo Tavares (2009) o potencial hídrico (Ψ_w) foliar diminui, ou aumenta considerando o módulo do Ψ_w , com o declínio da disponibilidade de água no solo, diminuindo a turgidez celular, a condutância estomática (SHALHEEVET, 1993) e a transpiração (RAY; SINCLAIR, 1997).

Assim, o Ψ_w foliar descreve o estado energético da água, cujos gradientes explicam os fluxos de água no sistema solo-planta-atmosfera. O valor dessa variável indica a diferença entre o estado energético da água no sistema considerado e num estado de referência. No estado de referência, o potencial da água é considerado zero (BERGONCI et al., 2000). Embora o Ψ_w varie ao longo do dia, mesmo em plantas irrigadas, esse parâmetro que descreve o estado hídrico da planta tem sido muito utilizado em estudos das relações hídricas dos vegetais (HSIAO, 1973).

O Ψ_w foliar foi realizado na antemanhã, de forma que essa variável não fosse influenciada pelo comportamento iso-hídrico (em que o potencial de água na planta

permanece elevado) ou aniso-hídrico (em que diminui acentuadamente nas horas mais quentes do dia) da cultura (KATERJI; HALLAIRE, 1984; BERGONCI et al., 2000).

A vantagem de realizar a mensuração do Ψ_w na antemanhã é que o resultado obtido não é influenciado pelas condições ambientais diurnas, e muitas vezes outras variáveis que descrevem o estado hídrico da planta não possibilitam essa independência das condições ambientais diárias (KATERJI; HALLAIRE, 1984; BERGONCI et al., 2000). Desta forma, essa avaliação ocorre antes da abertura estomática, quando sua resposta reflete o equilíbrio de potencial entre a planta e o solo (BERGONCI et al., 2000).

As condições hídricas dos vegetais estão correlacionadas com o teor de água nas folhas, e com a quantificação do status energético da água é possível identificar a existência ou não da restrição hídrica nesses tecidos (NOGUEIRA et al. 2000). Assim, a avaliação do Ψ_w permitiu distinguir as variedades de cana-de-açúcar à deficiência hídrica, podendo ser considerado uma ferramenta útil para caracterizar genótipos em relação a esse estresse, resposta também constatada por Pincelli (2010) ao avaliar as variedades RB72454, RB855453, SP81-3250 e SP83-284 submetidas a diferentes tratamentos de disponibilidade hídrica.

As respostas das variedades de cana-de-açúcar quanto aos parâmetros fotossintéticos (Figura 5) em função da submissão das plantas aos diferentes regimes hídricos, estão de acordo com os resultados observados no Ψ_w foliar (Figura 4).

A taxa transpiratória de ambas as variedades foi significativamente inferior nos três períodos avaliados para as plantas do tratamento sequeiro (Figura 5A). Para o tratamento irrigado, o manejo da aplicação de água permitiu uma disponibilidade hídrica às plantas de forma a manterem uma maior transpiração, uma vez que não sofreram estresse e assim mantiveram seus estômatos mais abertos. Porém, comparando este parâmetro ao longo dos períodos analisados, foi possível observar que aos 133 DAC, a transpiração tanto no tratamento irrigado quanto de sequeiro, foi inferior a observada aos 86 e 113 DAC. Mesmo com esses valores de transpiração relativamente mais baixos, a diferença entre os tratamentos no último período foi expressivamente mais acentuada, fator este devido à extensão do estresse hídrico sofrido pelas plantas de sequeiro, como também observado no Ψ_w foliar (Figura 4). Assim, a variedade

RB855536 apresentou uma redução na taxa transpiratória de $4,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no tratamento irrigado para $1,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no sequeiro e a RB867515, onde a diferença foi menos expressiva, a redução foi $2,8 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no irrigado para $1,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no sequeiro. Ainda, comparando a transpiração das plantas das duas variedades dentro de cada regime hídrico, somente aos 133 DAC, para o tratamento sequeiro, não houve diferença significativa.

Estudos realizados por Trentin et al. (2011) ao avaliar a RB867515 sob condições de restrição hídrica indicaram que a taxa de transpiração diária da cana-de-açúcar, em condições de estresse hídrico severo ($-1.500 < \Psi < -1.100 \text{ kPa}$), foi aproximadamente, 73% inferior em relação à das plantas cultivadas sob plena disponibilidade hídrica, o déficit hídrico reduziu a transpiração das plantas.

A condutância estomática (Figura 5B), seguiu comportamento semelhante ao observado na transpiração, sendo reflexo do movimento de abertura e fechamento dos estômatos nas diferentes condições hídricas. Houve diferença significativa entre os tratamentos nos três períodos avaliados para as duas variedades de cana-de-açúcar, com menores valores para as plantas mantidas no sequeiro, sendo que, com o aumento do período de estresse, a diferença na condutância estomática destas plantas para as mantidas irrigadas se tornou mais acentuada, destacando novamente a variedade RB855536. Quanto ao comportamento das variedades dentro de cada regime hídrico, aos 113 DAC ambas apresentaram valores semelhantes, não diferindo significativamente e, aos 133 DAC, somente no tratamento de sequeiro não houve diferença entre as variedades.

Para a taxa fotossintética (Figura 5C), foi observado que no primeiro período de avaliação, aos 86 DAC, ambas as variedades não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos hídricos (irrigado e sequeiro). Entretanto, comparando as duas variedades dentro de cada regime hídrico, a RB855536 apresentou maior fotossíntese. Para os períodos seguintes, as duas variedades sofreram redução significativa na fotossíntese no tratamento de sequeiro, onde, ao comparar os regimes hídricos aos 133 DAC, a variedade RB855536 irrigada apresentou uma taxa de $13,7 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, comparado a $3,0 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no sequeiro e para a RB867515, estes valores no mesmo período foram de $9,2 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no tratamento irrigado e $3,4 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no sequeiro.

Na comparação das variedades por regime hídrico isolado, somente no sequeiro aos 113 e 133 DAC não houve diferenças significativas.

Diversos trabalhos tem demonstrado o efeito do déficit hídrico sobre as trocas gasosas das culturas, em especial sobre a cana-de-açúcar (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; SMIT; SINGELS, 2006). A intensa restrição hídrica pode ocasionar alterações nas reações bioquímicas da fotossíntese (CORNIC et al., 1992). A redução na assimilação de CO₂ ocorre devido ao fechamento estomático, e essa resposta à deficiência hídrica afeta a fotossíntese devido à restrição no fluxo de CO₂, resultando em efeitos prejudiciais diretamente sobre o aparelho fotossintético (SASSAKI; MACHADO, 1999).

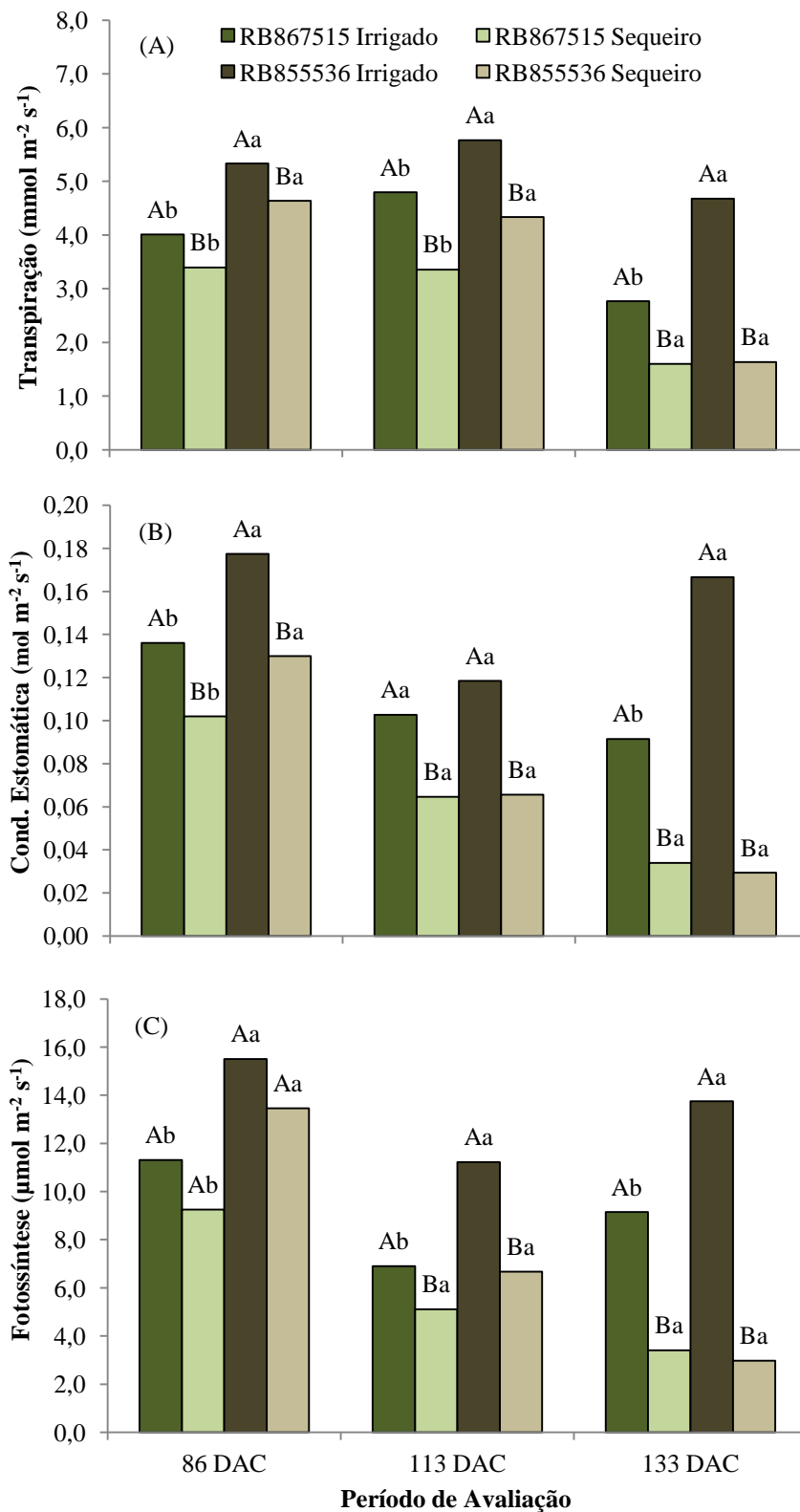


Figura 5. Transpiração (A), condutância estomática (B) e fotossíntese líquida (C) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliada aos 86, 113 e 133 dias após o corte (DAC), cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as cultivares dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Tavares (2009), o potencial de água na folha é indutor do fechamento estomático e apresenta variações conforme a espécie, podendo ocorrer dentro de uma larga faixa de potencial de água na folha. Assim, o controle estomático da condutância foliar é um mecanismo através do qual as plantas reduzem suas perdas de água e na maioria das vezes indica condições de déficit hídrico (MC DERMIT, 1990).

Machado et al. (2009) constataram que em algumas variedades de cana-de-açúcar, a deficiência hídrica induz ao decréscimo da condutância estomática, sendo esta, uma resposta esperada em plantas submetidas à restrição hídrica, já que essa alteração fisiológica é considerada uma das primeiras estratégias da planta para impedir a desidratação excessiva das folhas (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005). Ainda, Machado et al. (2009) citaram que além do decréscimo na condução estomática, induzido pelo déficit hídrico, a assimilação de CO₂ também é afetada de forma significativa, resultado também relatado em outras espécies cultivadas (PIMENTEL, 2004; CHAVES et al., 2009).

Uma menor área foliar somado à redução na abertura estomática são as duas principais formas de reduzir a perda de água pela planta. Como consequência disto a fotossíntese também decresce devido à menor área foliar da planta e menor condutância para a difusão do CO₂ para o interior das folhas, mas as razões para a redução da fotossíntese sob estresse hídrico são mais complexas do que a simples redução da condutância estomática e existem evidências que apontam para a inibição do metabolismo (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Na avaliação do índice de clorofila, pigmento diretamente relacionado à fotossíntese, valores significativamente inferiores foram observados nas plantas mantidas no sequeiro em comparação as irrigadas, entretanto, este parâmetro não foi eficiente para distinguir as variedades em função do regime hídrico (Figura 6). Apesar deste comportamento, Pardo e Delgado (1989), em cana-de-açúcar, e Rong-hua et al. (2006), em cevada, relataram sobre a diferenciação de cultivares sob deficiência hídrica por meio do conteúdo de clorofila, e Pincelli (2010) também constatou resultados altamente significativos que permitiram a diferenciação das variedades de cana-de-açúcar.

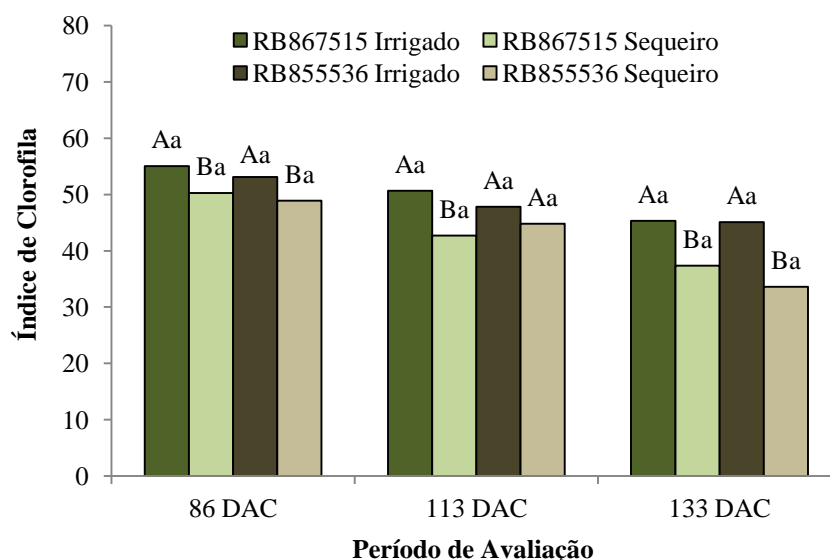


Figura 6. Índice de clorofila de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536 e) avaliada aos 86, 113 e 133 dias após o corte (DAC), cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a avaliação do índice de área foliar (IAF), somente o primeiro período (86 DAC) coincidiu com as análises fisiológicas, as duas avaliações seguintes foram realizadas aos 99 e 145 DAC (Figura 7). Nas três épocas estudadas, para as duas variedades, o estresse hídrico promoveu menor IAF, com exceção da determinação realizada aos 86 DAC na variedade RB855536, que não apresentou diferença significativa entre os sistemas irrigado e sequeiro.

Sob condição irrigada, as duas variedades (RB855536 e RB867515) apresentaram um IAF semelhante, com exceção da avaliação realizada aos 99 DAC, em que a RB855536 apresentou maior IAF. De forma contrária, neste mesmo período, para o tratamento de sequeiro as variedades não apresentaram diferença significativa, porém, nos demais períodos, a variedade RB855536 apresentou valores superiores de IAF a RB867515.

ARANTES (2012) ao avaliar as variedades RB867515, RB855536, SP83-2847, SP89-1115 sob os mesmos regimes hídricos, irrigado e sequeiro, observou resultado semelhante. Ainda segundo este autor, o IAF representa a quantidade em área de folhas

sobre a área de cobertura do terreno, essa avaliação é de extrema importância em relação à interceptação da radiação solar responsável pelo processo metabólico da fotossíntese.

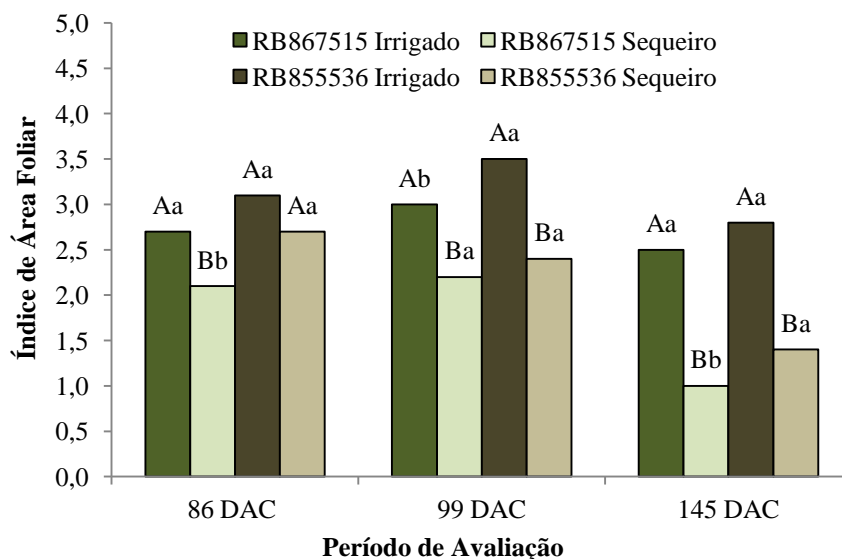


Figura 7. Índice de Área Foliar de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 86, 99 e 145 dias após o corte (DAC), cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De modo geral quando a perda de água pela planta excede a quantidade absorvida, o conteúdo hídrico decresce junto com o potencial de água na folha, devido aos estômatos serem a via de entrada para o CO₂ e ao mesmo tempo a saída para a água. A redução na disponibilidade hídrica ocasiona na planta de forma inicial, a redução na condutância estomática, resultante do fechamento estomático devido ao menor turgor das células-guarda com consequente queda na transpiração reduzindo a desidratação dos tecidos e também diminuindo a taxa de crescimento, o que acarretará numa menor produção de área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A sequência de eventos fisiológicos desencadeados em resposta a restrição hídrica, permite caracterizar o comportamento de diferentes variedades frente à condição de estresse. No presente estudo, foi possível observar que do tratamento irrigado para o sequeiro, os efeitos do déficit hídrico foram mais acentuados na

variedade RB855536 em comparação a RB867515, o que indica uma maior sensibilidade da RB855536 ao estresse hídrico.

Por outro lado, o menor efeito do estresse na variedade RB867515 pode ser devido a uma maior eficiência na abertura e fechamento dos estômatos, mecanismo que caracteriza uma maior tolerância ao déficit hídrico, ainda que o controle das trocas gasosas seja considerado um processo complexo, pois, as plantas têm duas alternativas onde, se ocorrer ligeira diminuição de turgescência celular, suficiente para causar o fechamento dos estômatos, a absorção de CO₂ vai se tornar extremamente difícil, diminuindo sensivelmente a atividade de assimilação de carbono, assim, elas necessitam abrir os estômatos para a entrada do CO₂ e também fechá-los para evitar a perda de água, porém a tendência é favorecer a assimilação fotossintética (PIMENTEL, 1998).

4.4 CONCLUSÕES

Os parâmetros fisiológicos analisados são eficientes para diferenciar o grau de tolerância das duas variedades de cana-de-açúcar frente ao cultivo sob determinado período de estresse hídrico.

As diferenças entre os regimes hídricos (irrigado e sequeiro) e entre as variedades se torna mais evidentes com o prolongamento do período sob restrição hídrica.

Com a análise destes resultados é possível concluir que a variedade RB867515, apresenta maior grau de tolerância ao déficit hídrico quando comparada a RB855536 para os parâmetros analisados, entretanto, faz-se necessário identificar demais possíveis mecanismos de tolerância.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and drainage paper 56**. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300p.

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

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1531-1540, 2000.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**. Segundo levantamento, agosto/2012. Brasília: Conab, 2012. 18 p.

CORNIC, G.; GHASHGHAIE, J.; GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M. Leaf photosynthesis is resistant to a mild drought stress. **Photosynthetica**, Czech Republic, v.27, p.295-309, 1992.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, Oxford, v.103, p.551-560, 2009.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.516-524, 2008.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

GUIMARÃES, A. C. R. **Caracterização de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) submetidas a déficit hídrico**. 2011. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2011.

HANKS, R. J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line-source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 40, p. 426-429, 1976.

HESCHEL, M. S.; RIGINOS, C. Mechanisms of selection for drought stress tolerance and avoidance in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae). **American Journal of Botany**, Saint Louis, v.92, p.37-44, 2005.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.519- 570, 1973.

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

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

KATERJI, N.; HALLAIRE, M. Les grandeurs de reference utilisables dans l'étude de l'alimentation en eau des cultures. **Agronomie**, Paris, v. 4, p.999-1008, 1984.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p.1575-1582, 2009.

MORAES, M. A. F. D. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 37, n. 4, p.605-619, 2007.

MC DERMIT, D. K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from parameter data. **HortScience**, Alexandria, v. 25, p.1538-1548, 1990.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceroleiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1331-1342, 2000.

OLIVEIRA, R. C.; ROSA, M.; COSTA, A. C.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; GAVA, G. J. de C. Efeitos da restrição hídrica e de nitrogênio no crescimento e na fisiologia da cana-de-açúcar. In: Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, IV Winotec, 2012, Fortaleza. **Proceedings...**, protocolo 138.

O'NEILL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, Madison, v. 46, p. 681-687, 2006.

PARDO, J.; DELGADO, E. O. Efecto del estrés hídrico sobre los pigmentos fotosintéticos en dos variedades de caña de azúcar. **Ciencias de la agricultura**, Santo Domingo, p. 96-100, 1989.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: EDUR, 1998. 150 p.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: EDUR, 2004, 191 p.

PINCELLI, R. P. **Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, 2010.

RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. Stomatal closure of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 803-807, 1997.

RIDESA. Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro, **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba: RIDESA, 2010. 136 p.

RODRIGUES, F. A.; LAIA, M. L.; ZINGARETTI, S. M. Analysis of gene expression profiles under water stress in tolerant and sensitive sugarcane plants. **Plant Science**, Irland, v. 176, p. 286-302, 2009.

RONG-HUA, L.; PEI-GUO, G.; BAUM, M.; GRANDO, S. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. **Agricultural Science in China**, China, v. 5, p. 751-757, 2006.

SANTOS, D. **Distribuição do sistema radicular e produtividade de cana-de-açúcar (Saccharum spp.) fertirrigada por gotejamento subsuperficial**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu, 2010.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2v. 1279 p.

SASSAKI, R. M.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e condutância estomática em duas espécies de trigo em diferentes teores de água no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1571-1579, 1999.

SILVA, M. de A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G. da; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.19, n.3, p. 193-201. 2007.

SHALHEVET, J. Plants under salt and water stress. In: FOWDEN, L.; MANSFIELD, T.; STODDART, J. **Plant adaptation to environmental stress**. London: Chapman e Hall, 1993. p. 133-154.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 91-97, 2006.

TAVARES, A. C. S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo.** 2009. 220f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.719.

TRENTIN, R.; ZOLNIER, S.; RIBEIRO, A.; STEIDLE NETO, A. J. Transpiração e temperatura foliar da cana-de-açúcar sob diferentes valores de potencial matricial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol.31, n.6, p.1085-1095, 2011.

WU, C. A., CAMPBELL, D. R. Leaf physiology reflects environmental differences and cytoplasmic background in *Ipomopsis* (Polemoniaceae) hybrids. **American Journal Botany**, Saint Louis, v.94, p.1804-1812, 2007.

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

5.1 INTRODUÇÃO

O aumento na demanda da produção da cana-de-açúcar ocorreu devido a mudanças relacionadas à necessidade de produção de energia limpa em âmbito nacional e internacional. O setor sucroalcooleiro brasileiro está em expansão, ocupando áreas em que não era comum a produção da cana-de-açúcar, e o pré-requisito para ocupação desses novos ambientes de produção é a topografia plana para favorecer a mecanização, além do baixo custo da terra (ARANTES, 2012). Em contraposição a esses benefícios em algumas áreas de expansão os canaviais são submetidos a um longo período de déficit hídrico devido a características climáticas da região.

A implantação de novos canaviais em áreas de estacionalidade pluviométrica, com intenso déficit hídrico, gerou a demanda de novas práticas de manejo da cana-de-açúcar, isso porque o déficit hídrico pode reduzir a produtividade e ocasionar diversos prejuízos no desenvolvimento do canavial (CONAB, 2012).

Segundo Inman-Bamber (2004) a ocorrência do estresse hídrico durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar ocasiona alterações em vários mecanismos fisiológicos, como a diminuição da divisão celular, o que provoca uma diminuição na taxa de acúmulo de matéria seca, na taxa de crescimento dos colmos e no índice de área foliar, e com a intensificação do estresse ocorrem impactos na produtividade da cultura e na concentração de sacarose dos colmos.

O estresse hídrico causa acentuada senescência foliar e restrição ao surgimento de novas folhas, e o grau dessas alterações é influenciado pela intensidade deste e depende também do genótipo estudado (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005). Ocorrem também alterações no desenvolvimento da arquitetura do dossel vegetativo da cana-de-açúcar, o qual é fundamental na produtividade da cultura, uma vez que este intercepta a radiação solar que, por sua vez, atua nos processos de fotossíntese e transpiração (SMIT; SINGELS, 2006).

Em algumas regiões, como a Centro-Oeste, para se obter uma produtividade que viabilize a manutenção do canavial, os produtores necessitam utilizar a irrigação devido ao longo período de déficit hídrico que ocorre na região. O estudo dos padrões de crescimento de cada variedade é importante, para que o manejo da água seja realizado, de forma que as fases de máximo desenvolvimento coincidam com os períodos de maior disponibilidade hídrica e radiação solar, permitindo que a cultura expresse todo seu potencial genético (STONE et al., 1999).

Em algumas áreas de produção sob déficit hídrico pluviométrico, não existe a disponibilidade de reservatórios de água para a irrigação; uma maneira de resolver esse problema é a utilização de variedades resistentes ou tolerantes à seca. A avaliação das características morfológicas da cana-de-açúcar, em termos de produção de biomassa e suas partições, bem como suas dinâmicas, pode ser de grande importância para se conhecer os mecanismos que promovem o aumento da eficiência produtiva da cultura em resposta às condições ambientais (TEJERA et al., 2007).

A identificação da capacidade produtiva de diferentes variedades e a investigação dos efeitos do manejo na cultura são geralmente realizadas através da análise de crescimento e da avaliação de algumas variáveis morfológicas das plantas como: estatura, número de plantas por metro, área foliar e produtividade (ALMEIDA et al., 2008). A dinâmica de crescimento dos colmos é uma variável que apresenta correlação positiva com o rendimento final da cana-de-açúcar e ocorre em função da variedade e das condições ambientais (SILVA, 2009).

O estudo das características morfológicas é uma ferramenta para a investigação das respostas de diferentes variedades ao estresse hídrico (ARANTES, 2012). O crescimento e o desenvolvimento das plantas sob diferentes níveis de estresse hídrico são essenciais para identificar possíveis mecanismos morfofisiológicos de tolerância ao estresse hídrico e seleção de possíveis parentais para um programa de melhoramento de cana mais tolerante à seca.

O objetivo deste trabalho foi avaliar parâmetros biométricos, a produtividade e os índices tecnológicos que definem a qualidade da matéria prima de duas variedades de cana-de-açúcar, RB867515 e RB855536, submetidas aos regimes hídricos, irrigado e sequeiro.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre maio de 2011 e abril de 2012, em uma área experimental de 0,36 hectares, localizada na EMBRAPA Cerrados, situada na BR 020 Km 18 (latitude 15°39'84'' sul e longitude 47°44'41'' oeste), próxima a cidade de Planaltina-DF. A altitude da área é de aproximadamente 1014 m com a temperatura e pluviosidade média anual de 21,9°C e 1.395,6 mm respectivamente. O clima é classificado como tropical estacional (Aw), conforme Köppen, sendo caracterizado por duas estações bem definidas, seca e chuvosa, assim como a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação chuvosa (veranicos) (SANO et al., 2008).

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado (EMBRAPA, 2006). Nesta área, inicialmente foi realizada uma adubação corretiva (a lanço e incorporada) de 500 Kg ha⁻¹ de gesso e 50 Kg ha⁻¹ de FTE BR-10 (pó) e, em seguida, a adubação de plantio na dose de 600 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 04-30-16. A adubação de cobertura, aplicada de forma manual e após o primeiro corte das plantas, foi realizada em dois períodos, no início de maio na dose de 400 kg ha⁻¹ de NPK (formulação 20-00-20) e junho de 2011 na dose de 600 kg ha⁻¹ de NPK (formulação 20-00-24).

Os tratamentos constituíram-se de dois regimes hídricos, irrigado e sequeiro, e as variedades avaliadas foram a RB867515 e a RB855536, ambas de maturação média (colheita de julho a novembro). A RB867515 é uma variedade de rápido desenvolvimento, a qual facilitou a expansão dos canaviais para solos de baixa fertilidade, arenosos e com restrições hídricas, e que tem como característica morfológica o hábito de crescimento ereto, média despalha, perfilhamento médio com colmos de diâmetro médio, boa brotação de soqueira, resistência ao acamamento, pouco florescimento e izoporização. A zona radicular desta variedade é de largura média, sem enraizamento aéreo, folhas de largura média e boa capacidade de brotação. Além disso, possui alto teor de sacarose, alta produtividade agrícola, e resistência à ferrugem comum e alaranjada, ao carvão, escaldadura e intermediária resistência á broca do colmo (RIDESA, 2010).

A variedade RB855536 apresenta bom touceiramento, colmos eretos, de diâmetro médio e cor arroxeadas e bainhas semiabertas de fácil despalha. Possui alta

produtividade industrial, ausência de florescimento e ótima brotação de soqueira, mesmo sob palha, o ideal é que a variedade seja plantada em ambientes de elevada fertilidade e com suprimento hídrico adequado. Quando o plantio é precoce (dezembro a janeiro) pode ocorrer estresse hídrico muito forte se o inverno for muito seco. A RB855536 é resistente à escaldadura, mosaico, carvão e estrias vermelhas (RIDESA, 2010).

O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos ao acaso com três repetições em parcelas subdivididas; a variedade constituía uma parcela e os diferentes regimes hídricos (irrigado e sequeiro) a subparcela. Desta forma, a unidade experimental era composta por uma subparcela (regime hídrico) com cinco observações em três diferentes blocos. A área da subparcela era formada por uma fileira de plantas com 4 metros de comprimento e 1,5 metros de largura, sendo a área útil formada pelos 3 metros centrais da mesma, descartando 0,5 metro de cada lado para evitar o efeito da bordadura.

No experimento, irrigação foi aplicada conforme o sistema Line Source Sprinkler System, descrito por Hanks et al. (1976), em que a lâmina de água aplicada na cultura descesse do centro para as extremidades da área. O manejo da irrigação foi realizado com base na metodologia FAO 56 (ALLEN et al., 1998) e nos dados climatológicos, coletados nos meses de maio de 2011 a abril de 2012 na estação meteorológica próxima ao experimento (Figura 8).

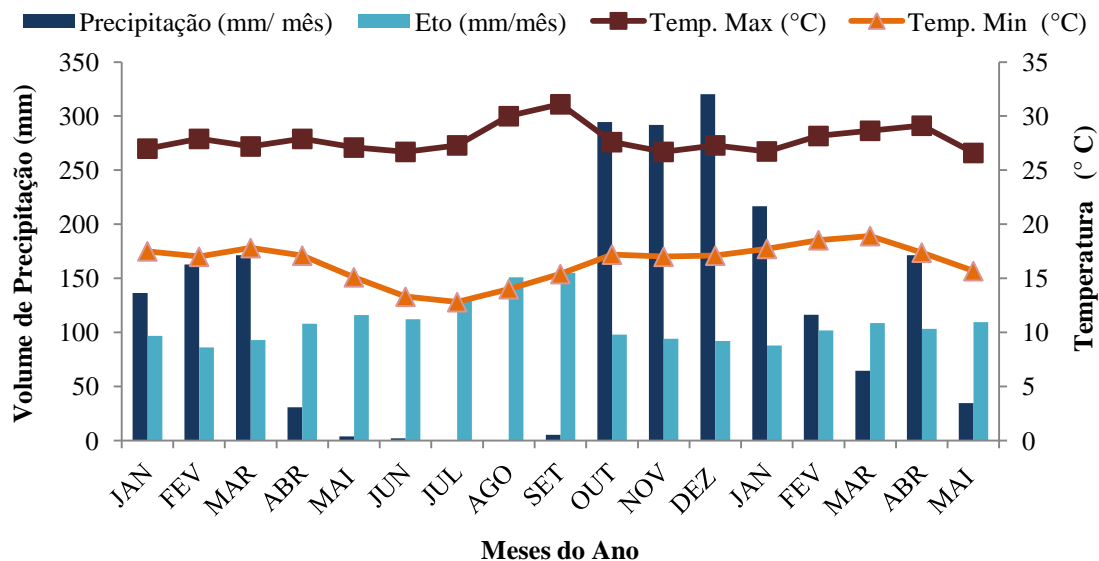


Figura 8. Precipitação e evapotranspiração potencial total mensal e média mensal das temperaturas máxima e mínima, de Janeiro de 2011 a Maio de 2012. Dados coletados na Estação meteorológica da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF.

Em maio de 2011 foi realizado o primeiro corte das plantas e após a nova brotação do canavial, que ocorreu aproximadamente de 20 a 30 dias após o corte, foi realizada uma irrigação de salvamento com uma lâmina de água de aproximadamente 60 mm devido à baixa precipitação neste período. Em seguida, as duas variedades de cana (RB867515 e RB855536) foram submetidas a dois regimes hídricos: Irrigado (I) e Sequeiro (S).

Para o tratamento irrigado, as subparcelas de cada bloco de ambas as variedades receberam lâminas de irrigação que corresponderam a aproximadamente 100% da evapotranspiração potencial da cultura, estimada através do balanço climatológico, e estas foram aplicadas com sistema autopropelido com barra irrigadora com bocais conjugados e emissores XI-Wobbler.

A rega foi realizada em intervalos de 15 dias, totalizando ao final do período de avaliação uma lâmina de 415,7 mm. Para o tratamento de sequeiro, após a irrigação de salvamento, o suprimento hídrico foi completamente suspenso na tentativa de reproduzir a realidade dos sistemas de produção de algumas usinas da região Centro-Oeste, que tem canaviais implantados em áreas sob longos períodos de deficiência hídrica devido à estacionalidade pluviométrica.

No início do monitoramento biométrico, em ambas as variedades, cinco colmos foram identificados aleatoriamente na área útil de cada subparcela, totalizando 15 perfilhos representativos de cada tratamento e todos os parâmetros biométricos foram avaliados nesses colmos durante o ciclo da cultura. As avaliações biométricas foram realizadas nas duas variedades, no estágio de cana-soca, aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC) do canavial, que ocorreu dia 03 de maio do ano de 2011.

Foram avaliados os seguintes parâmetros biométricos: número de perfilhos industrializáveis (NPI), diâmetro médio dos colmos (DMC), estatura média dos colmos (EMC), número de folhas verdes abertas (NFVA), emergentes (NFE) e mortas (NFM), comprimento (C+3) e largura (L+3) da folha +3. Nas avaliações das dimensões foliares, foi utilizada a folha denominada como +3, de acordo com o sistema de Kuijper, pois ela é completamente desenvolvida do ponto de vista fisiológico e totalmente desenrolada morfológicamente.

O NPI foi obtido através da contagem de perfilhos ao longo da área útil da parcela, sendo considerado como perfilho todo broto formado a partir do tolete plantado, incluindo o colmo primário. O DMC foi medido na base dos colmos com o auxílio de um paquímetro digital. A EMC foi mensurada por meio da utilização de uma trena, medindo-se do nível do solo até a folha +1 e esta é classificada de acordo com o sistema Kuijper, como sendo a primeira folha superior, completamente desenvolvida com lígula visível (SILVA, 2009).

O NFVA, NFM e o NFE foram quantificados em cada um dos perfilhos selecionados. O NFVA e o NFM foram obtidos contando-se todas as folhas completamente desenvolvidas a partir da folha +1, conforme a identificação foliar do sistema Kuijper. Foram considerados como folhas verdes as que possuíam 50% do limbo foliar visualmente verde. O NFE foi determinado, considerando-se as folhas acima da folha +1 que não se apresentavam completamente expandidas (SILVA, 2009).

Os dados de L+3 e C+3 foram obtidos pelas medições na porção mediana e nos pontos extremos das folhas +3, respectivamente, utilizando-se uma trena. O índice de área foliar (IAF) foi determinado por meio do equipamento SunScan (SunScan Canopy Analysis System SS1. UM. 1M, DELTA-T). O IAF foi avaliado aos 86, 99, 145, 179, 218 e 275 DAC nas mesmas parcelas das avaliações biométricas.

A colheita do experimento foi realizada de forma manual, no dia 11/04 de 2012, ou seja, aos 337DAC. Os colmos da área útil da parcela foram colhidos, despalhados, contados e pesados para a determinação da produtividade, que foi expressa em toneladas de colmos por hectare (TCH). A pesagem dos colmos foi realizada no campo com o auxílio de uma balança (Kern HCB Modelo 99K50, variação de 100g).

Antes da colheita total do experimento foram amostrados, de forma casualizada, sete colmos em cada subparcela para a realização das análises dos índices tecnológicos que definem a qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima, foram avaliados os seguintes parâmetros: Pol do caldo, Brix, fibra, pureza, Pol da cana e açúcares totais recuperáveis (ATR), conforme CONSECAN (2006). As avaliações foram realizadas no laboratório da Usina Jalles Machado, localizada em Goianésia – GO, as amostras foram avaliadas num período inferior a 36 horas após a colheita.

O Brix expressa a porcentagem de sólidos solúveis contidos no caldo da cana-de-açúcar. O Pol do caldo representa a porcentagem de sacarose contida numa solução de açúcares, onde, a cana-de-açúcar contém três tipos de açúcares: sacarose, glicose e frutose. A partir do Pol do caldo pode-se determinar o Pol da cana, para isso, faz-se o cálculo utilizando-se do teor de fibra da cana (%). A fibra é a matéria insolúvel em água contida na cana. A pureza é a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis do caldo.

Os açúcares totais recuperáveis (ATR) representam a quantidade de açúcares redutores totais recuperados da cana até o xarope (FERNANDES, 2000; LAVANHOLI, 2010), e são expressos em quilogramas por tonelada de cana. Os dados foram avaliados pelo programa estatístico SAS (Statistical Analysis System) e a comparação de médias realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, foram observadas em todas as avaliações diferenças significativas entre os tratamentos irrigado e sequeiro com relação ao diâmetro médio dos colmos (DMC) das variedades RB855536 e RB867515. O DMC das plantas irrigadas foi

superior com relação às cultivadas no sequeiro, o suprimento hídrico adequado promoveu incremento no diâmetro dos colmos (Figura 2).

Ao avaliar o DMC entre os regimes hídricos, aos 147 DAC foi possível constatar que a RB855536 apresentou um acréscimo de 11 mm de diâmetro nos colmos irrigados com relação ao sequeiro; nesse mesmo período o acréscimo ao DMC da BR867515 ocasionado pela irrigação foi de 5,9 mm. Na comparação das variedades em cada regime hídrico foi observado que sob irrigação, de modo geral, não houve diferença entre as variedades, com exceção da avaliação realizada aos 99 DAC em que o DMC foi menor na RB867515 e aos 259 DAC essa variedade apresentou maior DMC quando comparada a RB855536.

No sequeiro, em geral, não houve diferença significativa entre as variedades até os 147 DAC, mas em todas as avaliações realizadas a partir dos 167 DAC, a RB867515 apresentou maior DMC e as diferenças entre as variedades nesse regime hídrico foram ocorrendo de forma progressiva.

A retomada das precipitações regulares ocasionou um crescimento compensatório no DMC no tratamento sequeiro, principalmente na RB867515, mas ainda assim foram observadas diferenças entre os regimes hídricos, em que as variedades irrigadas apresentaram maior DMC. As precipitações regulares foram retomadas de maneira regular no início do mês de outubro (Figura 8), e a quinta avaliação foi realizada próximo ao final do mês de outubro, aos 167 DAC, onde, nesse período já havia ocorrido precipitações de aproximadamente 259 mm.

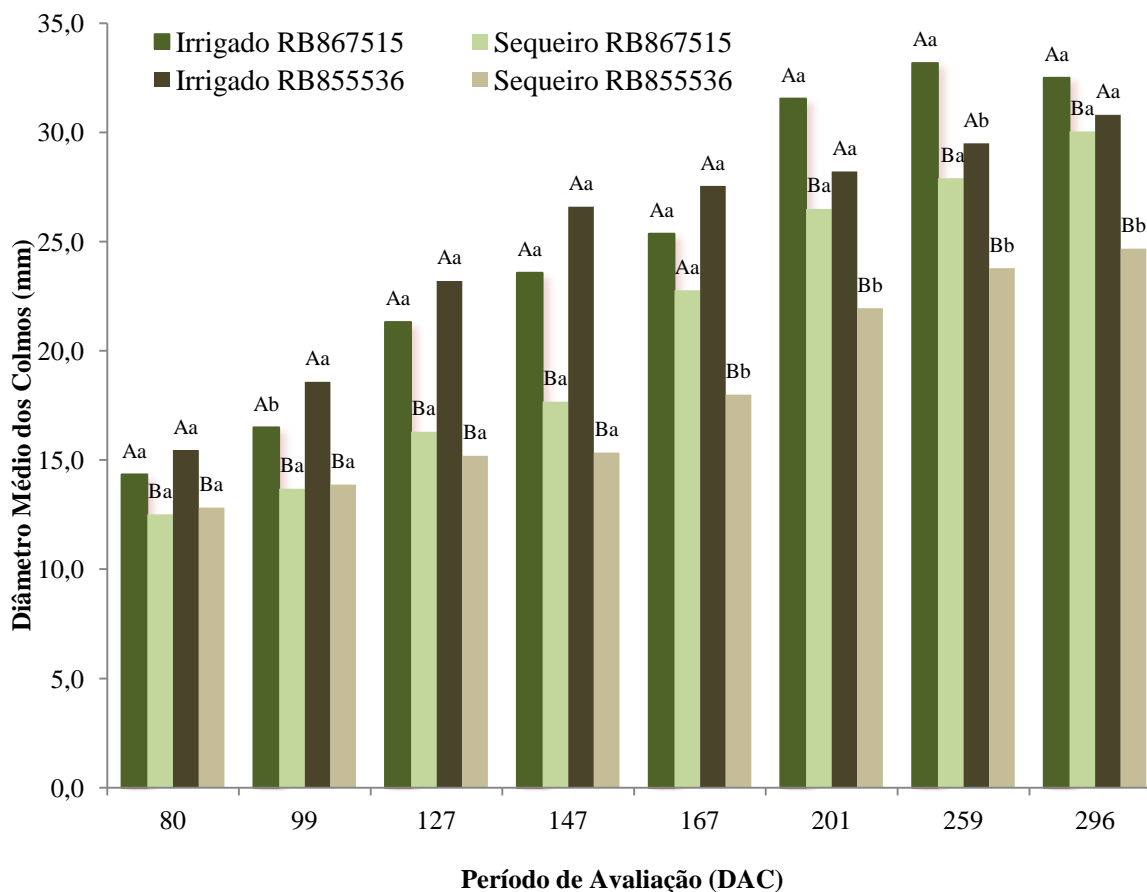


Figura 9. Diâmetro médio dos colmos (DMC) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O diâmetro de colmos pode sofrer alterações conforme as características genéticas das variedades e do manejo da cultura no campo, podendo variar conforme o espaçamento utilizado, número de perfilhos e condições climáticas (ARANTES, 2102). Esse atributo biométrico é influenciado pelo regime hídrico e também pode ser afetado pelo genótipo (Silva; Costa, 2004). Macêdo et al. (2012) ao avaliarem a RB835486 e a RB867515 sob diferentes regimes hídricos, observaram que o DMC variou em função do ambiente e da variedade; também foi constatado que o maior potencial produtivo das variedades foi expresso em condições irrigadas.

Arantes (2012) ao avaliar algumas variedades de cana-de-açúcar dentre elas a RB867515 e a RB855536 constatou que a RB867515 foi a que apresentou as maiores

diferenças em DMC entre os tratamentos irrigado e sequeiro; o autor concluiu que o diâmetro de colmos (DMC) foi eficiente na diferenciação de variedades de cana-de-açúcar sob os regimes hídricos contrastantes.

Oliveira et al. (2010) ao avaliarem onze variedades de cana-de-açúcar (SP79-1011, RB813804, RB863129, RB872552, RB943365, RB72454, RB763710, SP78-4764, SP81-3250, RB867515, RB92579) cultivadas sob irrigação plena, observaram que a RB867515 e RB72454 obtiveram os maiores diâmetros, e os autores concluíram que a disponibilidade hídrica promovida pela irrigação plena durante as fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar, proporciona diferença no perfilhamento, crescimento em altura e acúmulo de matéria seca entre as variedades, contudo, houve pouca influência no diâmetro do colmo.

A estatura média dos colmos (EMC) está apresentada na Figura 10, e esta foi influenciada pelo regime hídrico; ambas as variedades quando irrigadas apresentaram maiores médias desse parâmetro biométrico, principalmente a partir dos 201 DAC, mostrando que o suprimento hídrico adequado via irrigação, como também a retomada das precipitações regulares, promoveram um maior crescimento em estatura dos colmos.

No sequeiro, em que as plantas foram submetidas a um longo período de restrição hídrica, devido à estacionalidade das precipitações, foi possível observar uma redução da EMC e segundo Inman-Bamber e Smith (2005) a estatura dos colmos é afetada de forma significativa sob condições de deficiência hídrica e pode ser reduzida de forma acentuada.

Na comparação entre as variedades RB855536 e RB867515 em cada regime hídrico, foi observado no sequeiro que as mesmas apresentaram EMC semelhantes, mas quando irrigadas a RB855536 superou a RB867515 em todas as épocas de avaliação, com exceção aos 201 DAC em que ambas apresentaram comportamento similar.

Em geral, a RB855536 submetida à irrigação apresentou maior estatura dos colmos quando comparada a RB867515. Aos 296 DAC, a diferença de estatura entre as variedades RB855536 e RB867515 irrigadas foi de 48,1 cm, em que a primeira apresentou 321,07 cm de EMC e a RB867515 apresentou 272,93 cm.

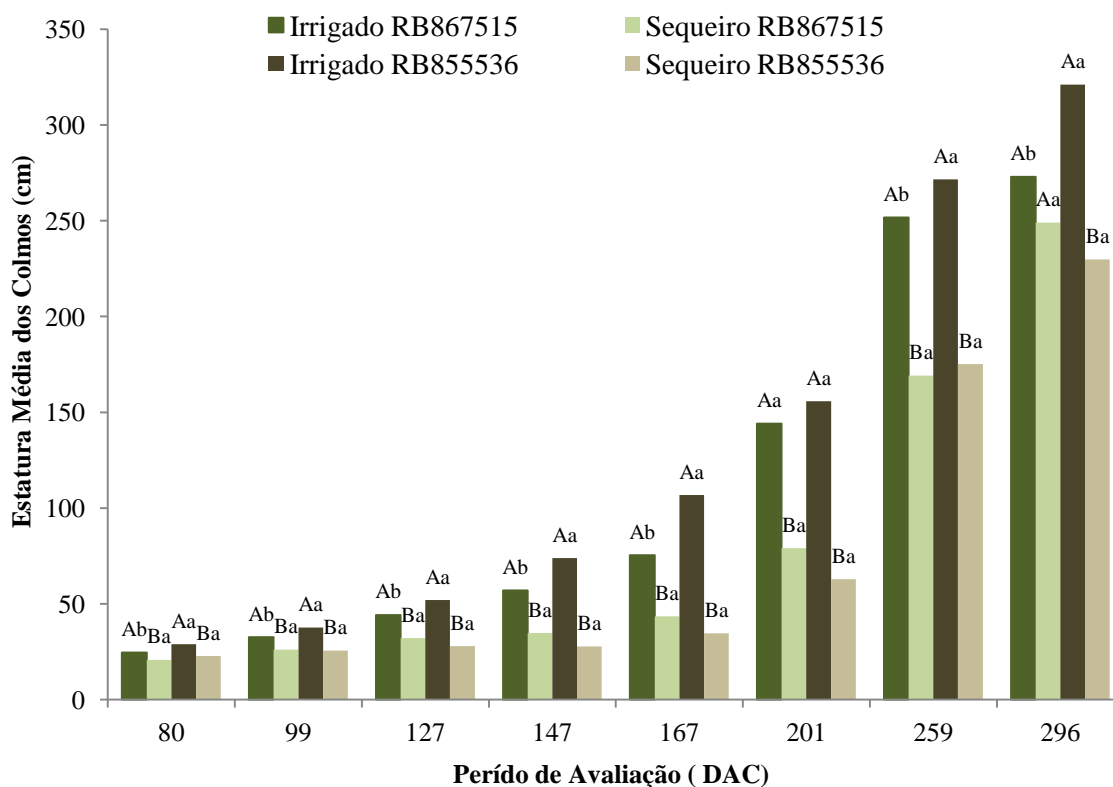


Figura 10. Estatura média dos colmos (EMC) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliada aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A disponibilidade de água no solo é um dos principais fatores responsáveis pelo maior alongamento dos entrenós (TAVARES, 2009), pois o crescimento celular é um dos processos fisiológicos mais sensíveis à deficiência hídrica, e essa resposta fisiológica ao estresse hídrico, afeta o crescimento das plantas (LARCHER, 2000); por isso a redução do crescimento é considerada a primeira e mais séria consequência da restrição hídrica nos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A estatura de colmo é a variável mais severamente reduzida em condições de seca (DOMAINGUE, 1996; SOARES et al., 2004). Silva e Costa (2004) observaram que a restrição hídrica reduziu a estatura média dos colmos de oito genótipos de cana-de-açúcar avaliados sob regimes hídricos contrastantes, irrigado e sequeiro. Soares et al. (2004) constataram que a EMC em dois genótipos foi o atributo biométrico mais influenciado pelo déficit hídrico. Silva et al. (2008) avaliaram oito genótipos de

cana-de-açúcar sob irrigação e sob déficit hídrico moderado, constataram que as plantas irrigadas apresentaram maior estatura média dos colmos.

Arantes (2012) ao comparar as variedades RB867515, RB855536, SP89-1115 e SP87-2847 sob irrigação via gotejamento sub-superficial e sob sequeiro, observou que as variedades apresentaram aumento em estatura, entretanto com diferenças entre os regimes hídricos, em que de maneira geral, a presença de água via irrigação promoveu maior crescimento em estatura nas plantas; o autor também constatou que a variedade RB855536 não apresentou diferenças significativas em nenhuma das épocas avaliadas para estatura de plantas, e esses resultados foram atribuídos ao intenso volume de precipitações ocorridas no período de avaliação do experimento. Resultados diferentes foram obtidos no presente trabalho para a variedade RB855536, em que quando irrigada apresentou maior EMC.

Ao avaliarem os genótipos SP79-1011, RB813804, RB863129, RB872552, RB943365, RB72454, RB763710, SP78-4764, SP81-3250, RB867515, RB92579 de cana-de-açúcar sob irrigação plena e sequeiro, Oliveira et al. (2010) obtiveram resultados expressivos na utilização da variedade RB867515 em cana planta que alcançou altura de 304 cm, diferenciou-se em altura das demais variedades a partir dos 120 DAC, indicando seu rápido crescimento nas fases de maior exigência hídrica, e em relação aos tratamentos irrigado e sequeiro essa variedade mostrou ser responsiva à aplicação de água.

Avaliações biométricas, como a estatura dos colmos, são importantes em pesquisas sob regimes hídricos contrastantes, pois o crescimento em estatura continua até a ocorrência de alguma limitação no suprimento de água (RODRIGUES, 1995), e pode ser diferencial entre variedades como também representar graus de tolerância entre as mesmas (SILVA; COSTA, 2004).

O número de folhas verdes abertas (NFVA) apresentou a mesma tendência dos parâmetros anteriores com relação ao regime hídrico, ou seja, para a maioria das avaliações, no tratamento de suprimento hídrico adequado as variedades RB867515 e RB855536 apresentaram maior número de folhas verdes abertas que no sequeiro (Figura 11).

As diferenças entre os regimes hídricos nas épocas de avaliação aos 259 e 296 DAC foram obtidas apenas na RB855536; a RB867515 nesse período não apresentou diferença significativa entre os regimes hídricos, provavelmente devido à retomada das precipitações, que promoveu um aumento de NFVA da RB867515 no sequeiro.

Na comparação entre as variedades em cada regime hídrico, pode-se observar que nas avaliações das plantas irrigadas aos 80, 99 e 127 DAC, não foram observadas diferenças significativas, mas aos 147 DAC a RB855536 sob a irrigação apresentou um maior número de folhas verdes (NFVA) com relação a RB867515.

No sequeiro não foram observadas diferenças significativas aos 80 e 99 DAC. Nas avaliações realizadas aos 127 e 147 DAC, a RB867515 apresentou um maior NFVA que a RB855536, mas aos 167 e 201 DAC essas diferenças não foram observadas devido à retomada das precipitações pluviométricas (Figura 8) que proporcionaram um maior NFVA a RB855536 nesse regime hídrico.

Na avaliação realizada aos 259 DAC a RB855536 apresentou um maior NFVA que a RB867515 nos tratamentos irrigado e sequeiro, sendo que aos 296 DAC essa diferença só foi observada nas plantas irrigadas. Os resultados indicam o quanto a RB855536 é responsiva ao suprimento hídrico adequado, pois ao ocorrer o reestabelecimento das chuvas ela apresentou as maiores médias de NFVA no sequeiro, e quando submetida à irrigação o NFVA dessa variedade também foi superior a RB867515. No período de intensa restrição hídrica a RB867515 manteve o NFVA o que pode indicar tolerância à seca e simultaneamente essa variedade não respondeu ao suprimento hídrico de forma significativa quando comparada a RB855536.

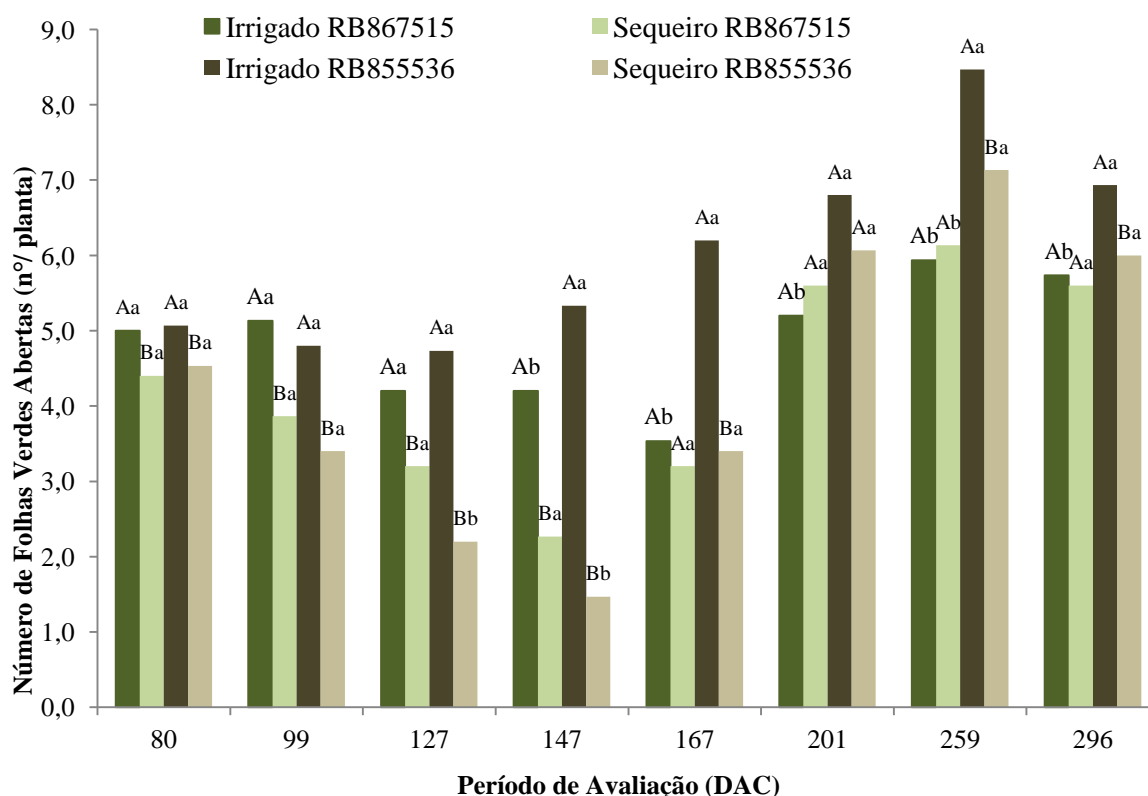


Figura 11. Número de folhas verdes abertas (NFVA) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução de folhas verdes tem sido relatada em plantas com deficiência hídrica (INMAN-BAMBER, 2004; PIMENTEL, 2004) e é atribuída à estratégia para diminuir a superfície transpirante e o gasto metabólico para a manutenção dos tecidos (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; SMIT; SINGELS, 2006; INMAN-BAMBER et al., 2008). Entretanto, a manutenção de folhas verdes pode ser um indicativo de tolerância à seca (PINCELLI, 2010).

A senescência foliar e a paralisação do surgimento de folhas são respostas ao estresse hídrico e estas dependem do genótipo da planta (SMIT; SINGELS, 2006), e o número de folhas verdes pode ser usado como indicador do efeito desse estresse em cana-de-açúcar, conforme sugere Inman-Bamber (2004).

O NFVA é um parâmetro importante de ser avaliado, pois por intermédio deste pode-se mensurar a eficiência fotossintética da planta frente ao estresse hídrico (PINCELLI, 2010). Pincelli (2010) relatou que sob condições ideais de umidade houve aumento no número de folhas verdes nas seguintes variedades RB72454, RB855453, SP81-3250 e SP83-2847.

As avaliações do número de folhas emergentes (NFE) não apresentaram resultados significativos com relação ao regime hídrico, com exceção da avaliação realizada 167 DAC em que a RB855536 irrigada apresentou uma maior NFE do que quando submetida ao sequeiro (Figura 12).

Ao comparar as variedades em cada regime hídrico também não foram observadas diferenças significativas na maioria das avaliações, com exceção da realizada aos 201 DAC em que a RB867515 apresentou um maior NFE que a RB855536 sob sequeiro; essas diferenças foram pontuais e não indicaram uma tendência de comportamento das variedades como foi verificado nos outros atributos biométricos (Figuras 9, 10 e 11); dessa forma o NFE não pode ser considerado como indicador de estresse hídrico ou tolerância das variedades.

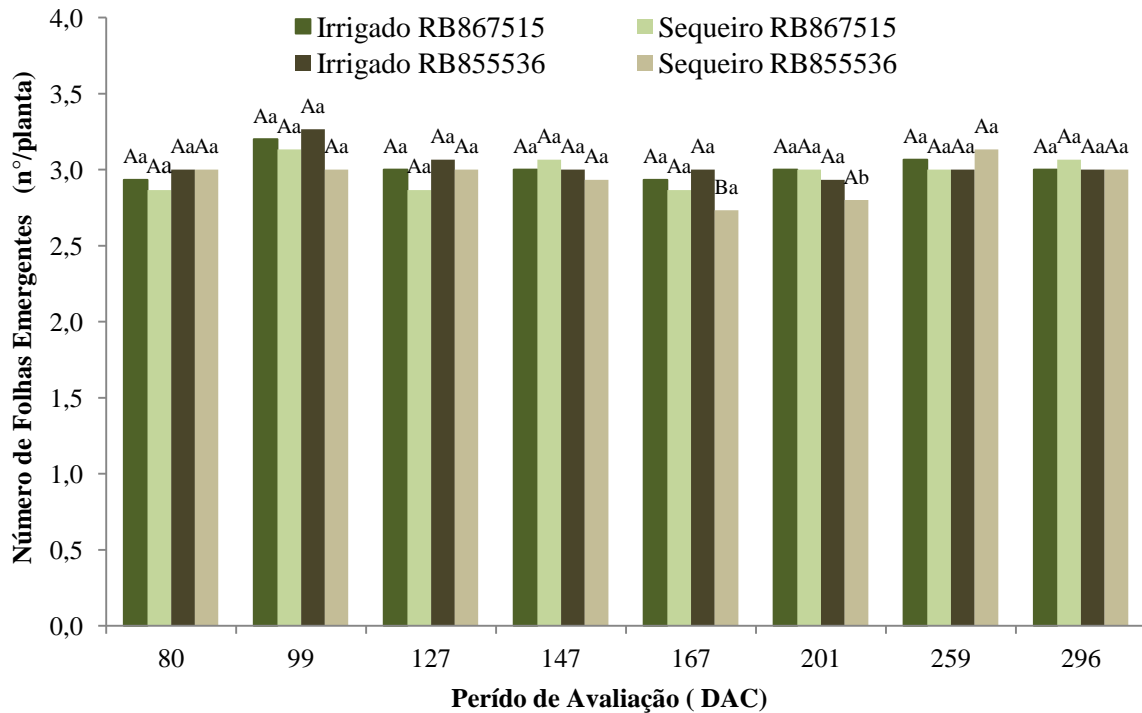


Figura 12. Número de folhas emergentes (NFE) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas avaliações realizadas aos 80, 147, 167 e 259 DAC não foram observadas diferenças significativas com relação ao número de folhas mortas (NFM) nos diferentes regimes hídricos para ambas as variedades (Figura 13). Aos 99, 127, 201 e 296 DAC foram observadas diferenças significativas com relação ao regime hídrico para pelo menos uma das variedades estudadas. As plantas no sequeiro apresentaram um maior NFM aos 99 DAC nas duas variedades, mas aos 127 DAC somente a RB855536 apresentou maior NFM no sequeiro; já aos 201 DAC o maior NFM foi nas plantas irrigadas para as duas variedades. Aos 296 DAC, somente no tratamento de suprimento hídrico adequado foram observadas diferenças em que a RB855536 irrigada apresentou maior NFM.

Ao comparar as variedades em cada regime hídrico, a RB855536 apresentou maior NFM que a RB867515 aos 80 e 296 DAC quando irrigadas; aos 99 DAC a RB855536 apresentou maior NFM em ambos os regimes hídricos, e o mesmo foi

observado aos 127 DAC apenas no sequeiro. Smit e Singels (2006) relataram que a senescência foliar é responsiva à deficiência hídrica e ocorre após a diminuição do surgimento de folhas novas.

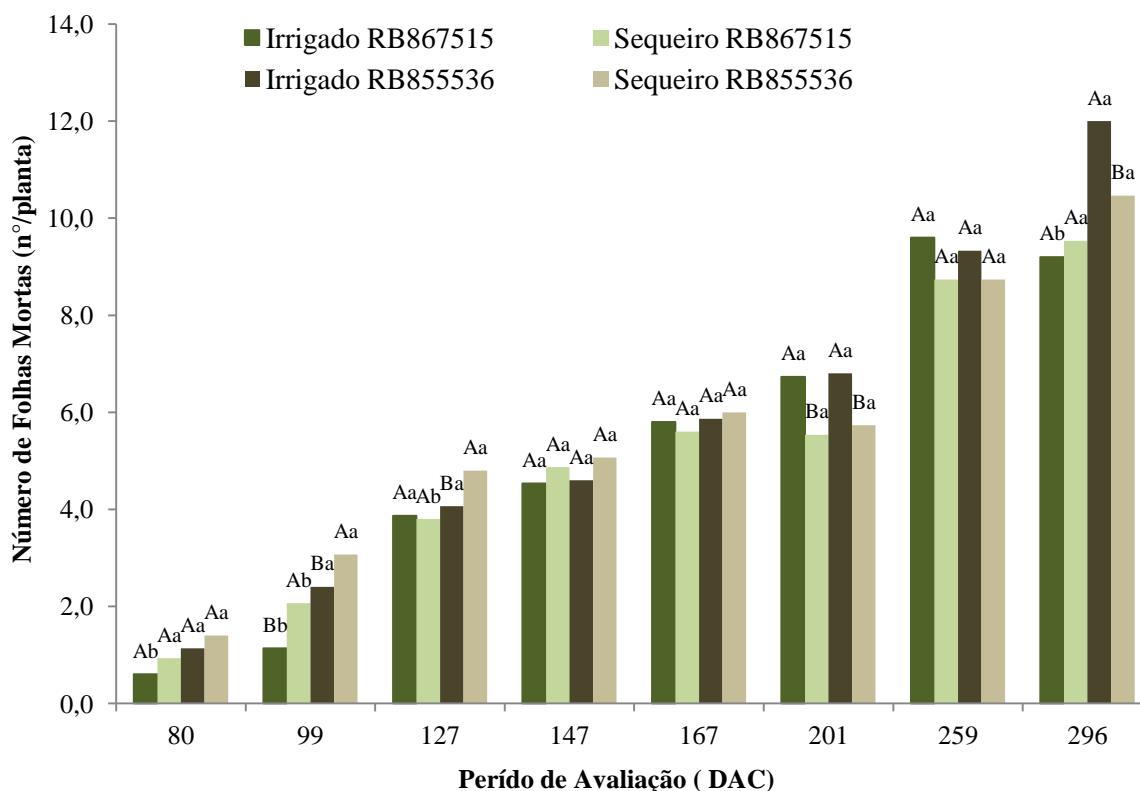


Figura 13. Número de folhas mortas (NFM) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O comprimento da folha +3 foi um parâmetro biométrico em que foram observadas diferenças significativas com relação ao regime hídrico em todas as avaliações para as duas variedades, com exceção da realizada aos 80 e aos 296 DAC, sendo que nesta última, somente a RB867515 apresentou diferenças significativas com relação ao regime hídrico (Figura 14). As variedades, quando irrigadas, em geral apresentaram um maior comprimento da folha +3 (C+3), mostrando que esse parâmetro foi influenciado pelo suprimento hídrico.

Na avaliação das variedades em cada regime hídrico foi possível observar que, em geral, estas apresentaram C+3 semelhantes estatisticamente em ambos os regimes hídricos. Foram observadas diferenças significativas apenas aos 127 DAC, em que a RB855536 irrigada apresentou maior C+3 quando comparada à RB867515 sob o mesmo regime hídrico, e aos 201 DAC em que no sequeiro RB867515 apresentou maior C+3 com relação à RB855536. A avaliação do C+3 mostrou que este não foi um parâmetro adequado para diferenciar as variedades estudadas com relação aos regimes hídricos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pincelli (2010) que, ao analisar o C+3 em quatro variedades de cana-de-açúcar sob dois regimes hídricos contrastantes, não observou efeitos significativos às causas de variação, principalmente envolvendo variedades, dessa forma foi inferido no estudo que essa variável não pode ser considerada como confiável para avaliar e caracterizar respostas diferenciais de variedades de cana-de-açúcar à deficiência hídrica.

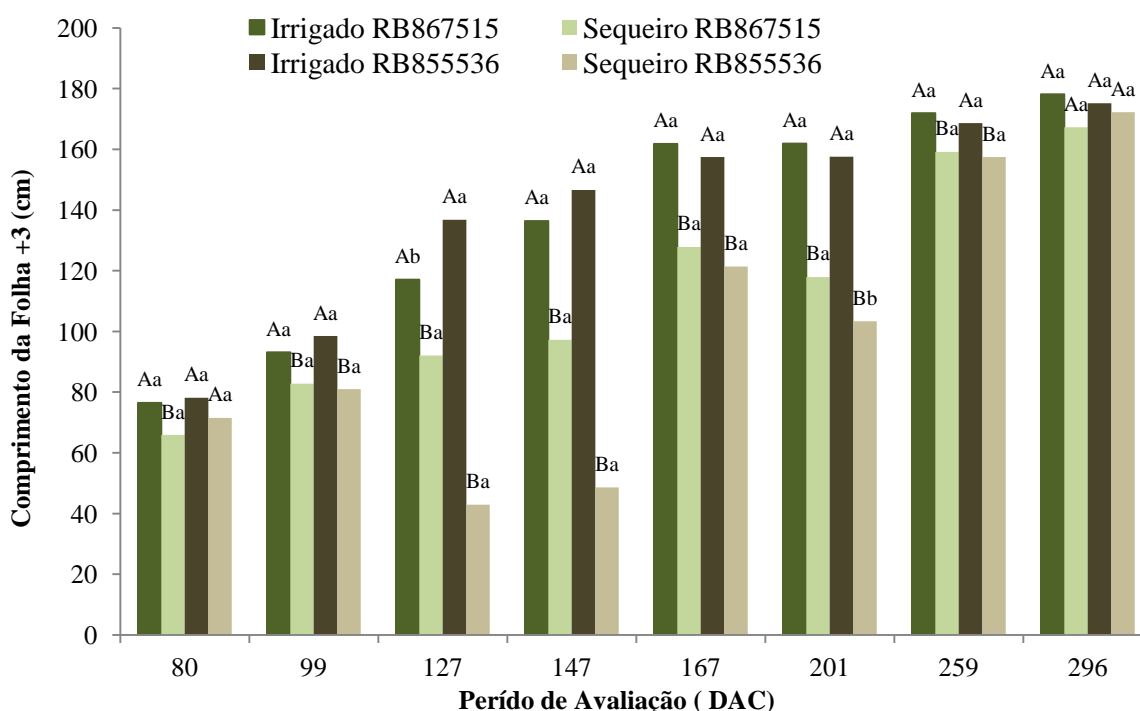


Figura 14. Comprimento da folha +3 (C+3) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na largura da folha +3 (L+3) foram observadas diferenças significativas para a maioria das avaliações com relação ao regime hídrico, principalmente na variedade RB855536 (Figura 15). Quando irrigadas as variedades apresentaram uma maior largura da folha +3, e nesse regime hídrico a RB855536 e a RB867515 apresentaram comportamento semelhante, com exceção da avaliação aos 99 DAC em que a RB855536 apresentou uma maior L+3 quando comparada a RB867515.

No sequeiro foram observadas diferenças significativas aos 80, 99, 201 e 259 DAC, e a RB867515 apresentou uma maior L+3 quando comparada à RB855536 nesse regime hídrico. Em condição de restrição hídrica, a RB867515 manteve uma maior largura da folha +3, e isso indica a obtenção de uma maior área foliar fotossinteticamente ativa.

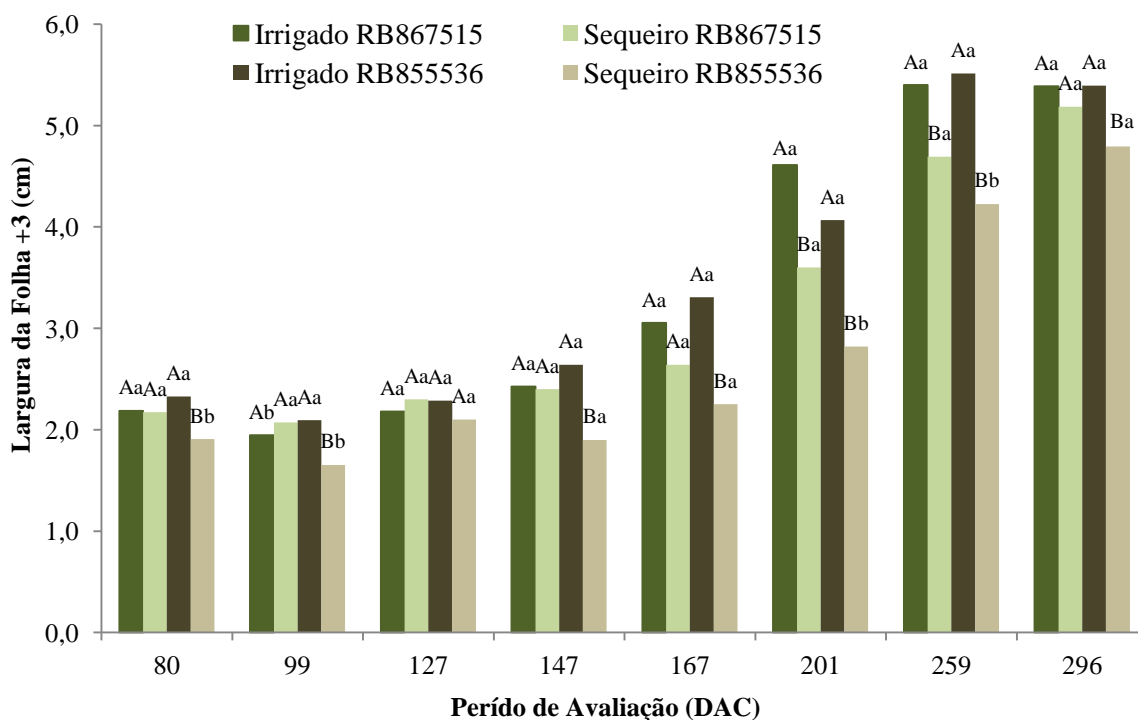


Figura 15. Largura da folha +3 (L+3) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliada aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O comprimento e largura da folha +3 não têm sido avaliados de forma isolada, mas principalmente para o cálculo da área foliar da planta (Pincelli, 2010) e existem estudos com cana-de-açúcar que utilizam esta metodologia para determinar a área foliar da cultura (Silva, 2009).

Não foram observadas diferenças significativas com relação ao número de perfilhos industrializáveis entre os regimes hídricos, com exceção da avaliação aos 147 DAC em que no sequeiro a RB867515 apresentou menor NPI com relação ao tratamento de suprimento hídrico adequado (Figura 16). Também não foram observadas diferenças significativas na comparação das variedades em cada regime hídrico. Ramesh e Mahadevaswamy (2000), estudando diferentes fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar sob o efeito do estresse hídrico, observaram que as variedades com menor perfilhamento, os colmos apresentam maior altura, maior diâmetro de colmo e maior acúmulo de matéria seca, indicando correlação positiva com as variedades mais produtivas.

Algumas pesquisas indicam que o número de perfilhos industrializáveis é reduzido com a restrição da disponibilidade de água (SILVA; COSTA, 2004; RAMESH; MAHADEVASWAMY, 2000). Arantes (2012) ao avaliar as variedades RB867515, RB855536, SP83-2847, SP89-1115, sob regimes hídricos contrastantes, também não observou diferenças significativas no perfilhamento entre as variedades estudadas, mas na presença da irrigação houveram respostas positivas das variedades em relação a emissão de novos perfilhos.

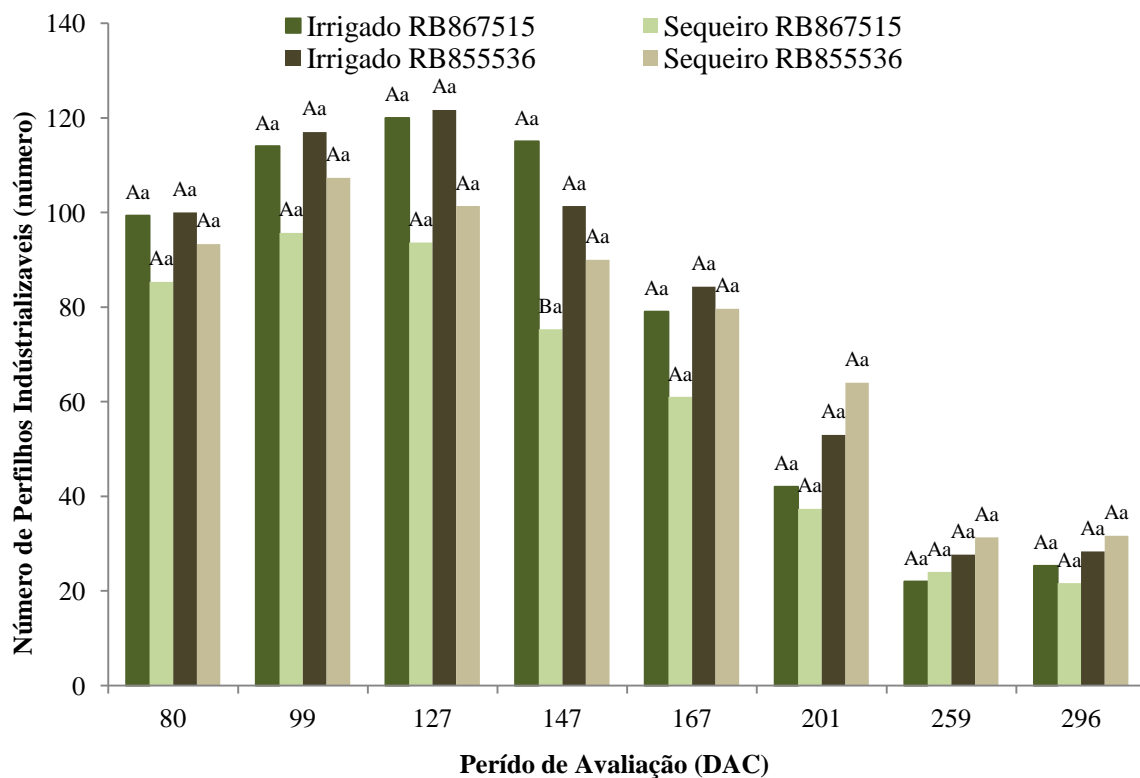


Figura 16. Número de perfílos industrializáveis (NPI) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 80, 99, 127, 147, 167, 201, 259 e 296 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As avaliações do índice de área foliar (IAF) foram realizadas aos 86, 99, 145, 179, 218 e 275 DAC. Com exceção da avaliação realizada aos 86 DAC, para a variedade RB855536, as variedades RB867515 e RB855536 irrigadas apresentaram um maior IAF quando comparadas às plantas submetidas ao sequeiro (Figura 17). Após a retomada das precipitações, na avaliação realizada aos 179 DAC no sequeiro, o IAF apresentou maiores valores, mas ainda assim diferenças significativas entre os regimes hídricos foram obtidas; aos 179 DAC já havia chovido 310 mm.

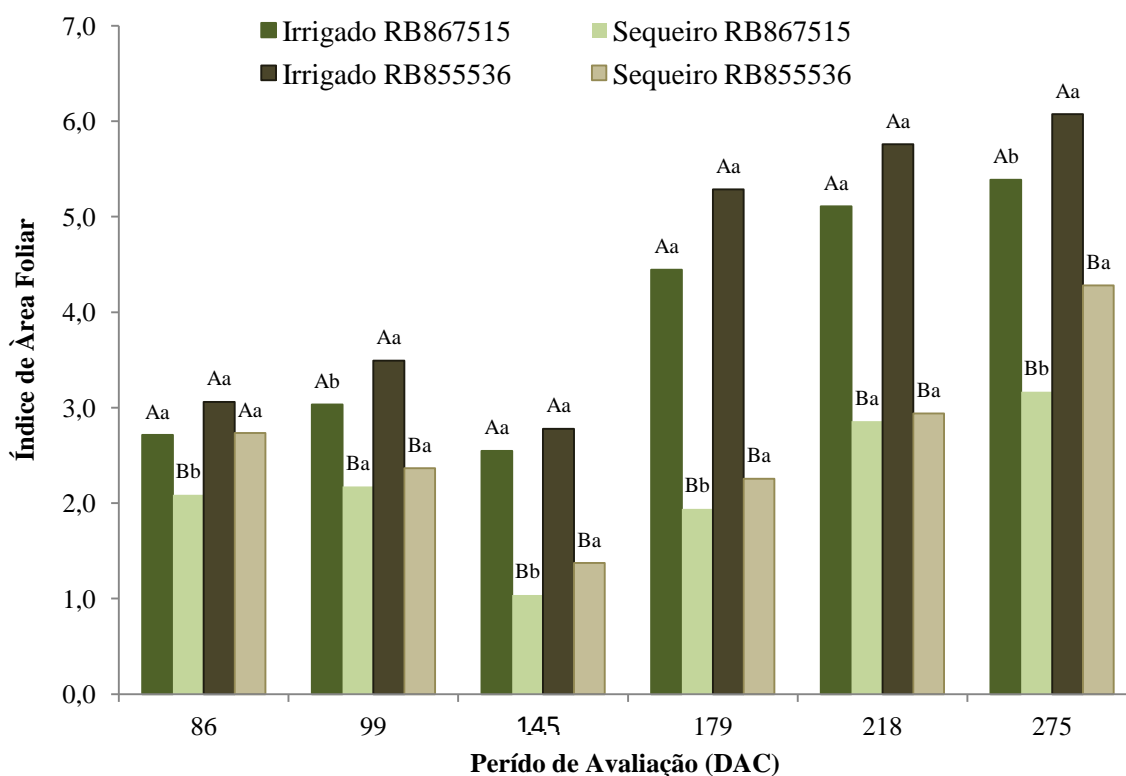


Figura 17. Índice e Área Foliar (IAF) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) avaliado aos 86, 99, 145, 179, 218 e 275 dias após o corte (DAC), sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação das variedades em cada regime hídrico, observaram-se diferenças significativas entre as mesmas. Aos 86 DAC nas plantas irrigadas não foram observadas diferenças significativas entre si, mas no sequeiro foi possível constatar que a RB855536 obteve um maior IAF quando comparada à RB867515, e essa diferença foi amenizada com a retomada das chuvas, mas ainda assim aos 275 DAC a RB855536 no sequeiro apresentava maior IAF que a RB867515, provavelmente por se mostrar mais responsiva ao suprimento hídrico adequado.

De maneira geral, a RB855536 apresentou maior IAF no sequeiro. No tratamento de suprimento hídrico adequado, foram observadas diferenças significativas entre as variedades somente aos 99 e 275 DAC, em que a RB855536 apresentou maior IAF que a RB867515; nas demais avaliações o comportamento das variedades foi semelhante. O aumento do IAF ocorre em função tanto do maior número de folhas por

colmo, quanto do aumento da área foliar individual e existe uma significativa associação entre a produtividade da cultura e a superfície total fotossinteticamente ativa (FARIAS et al., 2008).

Arantes (2012) ao avaliar as variedades RB867515, RB855536, SP83-2847, SP89-1115 observou que os regimes hídricos contrastantes (irrigado e sequeiro) interferem no desenvolvimento e no crescimento foliar, o que influencia o IAF, e as variedades quando irrigadas apresentaram maior valor desse parâmetro.

Dentre as características morfológicas afetadas pela deficiência hídrica podem-se destacar a área foliar e número de folhas (INMAN-BAMBER, 2004; OLIVEIRA et al., 2005), a senescência foliar (SMIT ; SINGEL, 2006), altura da plantas (ALMEIDA et al., 2008), diâmetro de colmos e o número de perfilhos (RAMESH; MAHADEVASWANY, 2000; SILVA et al., 2008).

As plantas submetidas ao déficit hídrico reduzem inicialmente o turgor celular, responsável pelo alongamento das células que promovem a expansão foliar (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005). O estresse hídrico pode provocar a redução do tamanho das plantas e da produtividade da cultura (KRAMER, 1983; TAIZ; ZEIGER, 2002). De acordo com Landell e Silva (2004), os atributos de produção decisivos para o potencial agrícola são: altura de plantas, diâmetro de colmos e número de perfilhos.

Na produtividade das variedades, em tonelada de colmos por hectare (TCH), foram observadas diferenças significativas com relação ao regime hídrico. A irrigação promoveu um incremento de produtividade em ambas às variedades; no sequeiro foi obtida uma redução expressiva desse parâmetro (Figura 18).

A RB855536 irrigada produziu 230 ton ha⁻¹ e no sequeiro a produtividade dessa variedade foi reduzida para 127 ton ha⁻¹, ou seja, o suprimento hídrico adequado ocasionou um acréscimo de 103 ton ha⁻¹; na RB867515 o aumento da produtividade promovido pela irrigação foi de 122 ton ha⁻¹ (Figura 18). A produtividade de colmos é afetada pela deficiência hídrica, sendo que com o uso da irrigação é possível alcançar maiores produtividades. Na comparação das variedades em cada regime hídrico não houve diferença estatística entre as variedades estudadas.

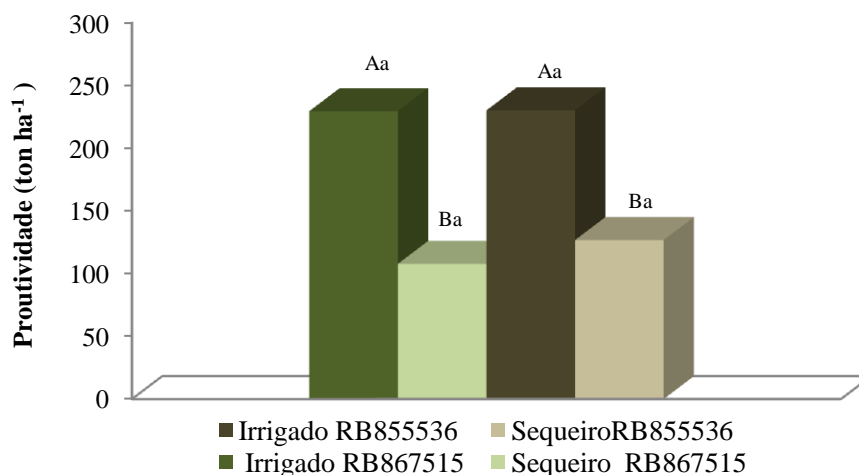


Figura 18. Produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar (RB855536 e RB867515) cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a Conab (2012), a produtividade média brasileira na safra 2011/2012 foi de 67,06 ton ha⁻¹; as variedades avaliadas no tratamento de suprimento hídrico adequado apresentaram em média, uma produtividade três vezes maior quando comparadas à produtividade nacional. Dessa forma os sistemas de produção necessitam, além da expansão em novas áreas de produção, aumentar a produtividade de colmos, de forma que, os custos fixos de produção sejam diluídos e o setor obtenha maior competitividade e lucro.

Gava et al. (2011) ao avaliarem as variedades RB867515, RB855536 e SP803280 submetidas a dois regimes hídricos, irrigado e sequeiro, observaram em média, incremento de 20% em cana-planta e de 28% em cana-soca com o uso da irrigação localizada, e os genótipos de cana-de-açúcar responderam diferentemente ao aumento da disponibilidade hídrica. Estes resultados são menores que aqueles obtidos no presente trabalho, em que as variedades RB855536 e RB867515 apresentaram, respectivamente, um incremento de 55 e 46% sob irrigação. Os distintos resultados observados entre os estudos podem ser atribuídos à diferença do sistema de irrigação, a adubação e as diferentes condições ambientais de condução do experimento (clima, altitude, solo, etc.); Gava et al. (2011) utilizou a irrigação por gotejamento subterrâneo e as adubações de cobertura no tratamento irrigado foram realizadas por fertirrigação.

Macêdo et al., (2012) ao avaliarem a RB835486 e a RB867515 sob diferentes regimes hídricos, irrigado e sequeiro, relataram um maior potencial produtivo das variedades em condições irrigadas, com destaque para a RB867515 que obteve melhor desempenho; quando irrigada produziu 103 ton ha⁻¹ e no sequeiro foi constatada uma produtividade de 62,7 ton ha⁻¹.

Darli e Cruz (2008) também concluíram que a cana-de-açúcar apresenta respostas significativas de incremento de produção quando a irrigação é empregada. Segundo Ferraz (1983) a disponibilidade hídrica é relevante na maximização de ganhos de produtividade, o que conseqüentemente para a cana-de-açúcar, promove um melhor crescimento da cultura e maior diâmetro de colmo (TAVARES, 2009).

A avaliação dos índices tecnológicos Brix (Figura 19 A) e pureza do caldo (Figura 19 C) não apresentaram diferenças significativas com relação ao regime hídrico, e na comparação das variedades em cada regime hídrico também não foram observadas diferenças significativas. A RB855536 sob suprimento hídrico adequado apresentou Brix de 17,46%; no sequeiro o valor observado desse índice tecnológico foi de 16,87% e na RB867515 também foram observados valores semelhantes, quando irrigada a porcentagem de sólidos solúveis (Brix) foi de 17 % e no sequeiro observou-se 16,22% de Brix do caldo.

O Pol do caldo (Figura 19 B) apresentou diferenças significativas com relação ao regime hídrico, a RB855536 e a RB867515 irrigadas apresentaram, respectivamente, valores de 14,54 e 14,11 de porcentagem de sacarose aparente (Pol). No sequeiro os valores observados foram de 13,59% e 13,15%, dessa forma as variedades irrigadas apresentaram maiores porcentagens desse parâmetro; mas ao comparar as variedades em cada regime hídrico não foram observadas diferenças significativas.

A RB855536 irrigada obteve uma pureza do caldo de 83,2%, no sequeiro os valores obtidos desse índice tecnológico foram 80,53%; a RB867515 nos regimes hídricos, irrigado e sequeiro, apresentou, respectivamente, 83,03 % e 81,14% de pureza do caldo.

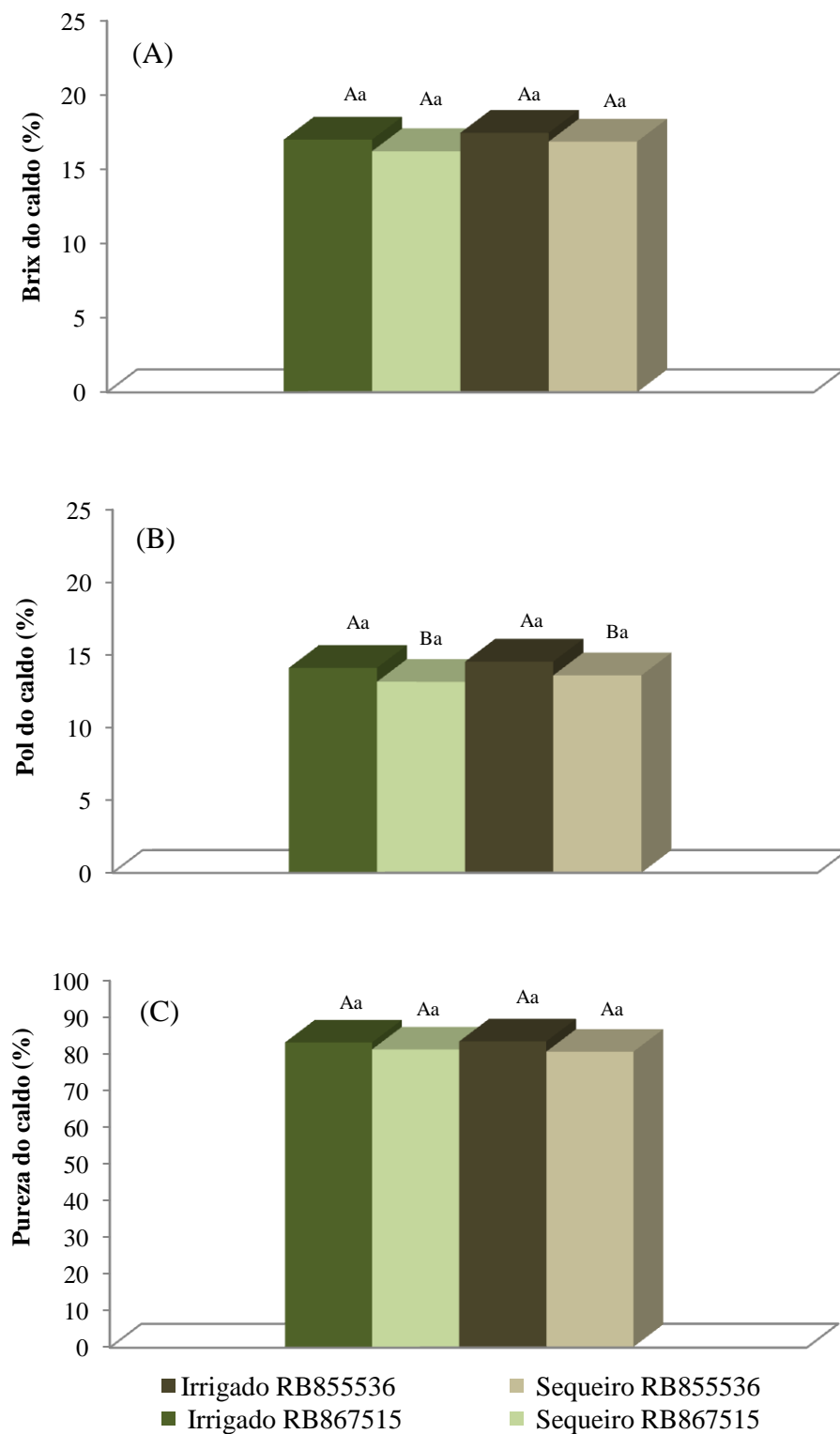


Figura 19. Brix (A), pol (B) e pureza do caldo (C) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB855536 e RB867515) cultivadas sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A cana-de-açúcar num nível de maturação satisfatório apresenta uma porcentagem de pureza maior quando comparada a uma planta que ainda não alcançou a maturação necessária para ser colhida, isso porque esse parâmetro reflete a relação entre o teor de sacarose e todos os demais sólidos solúveis e seu valor sempre é menor que 100%, porque a sacarose corresponde a apenas uma parte dos sólidos dissolvidos no caldo da cana-de-açúcar (LAVANHOLI, 2010).

Guimarães (2011), ao estudar os efeitos provocados pelo déficit hídrico em 20 variedades de cana-de-açúcar constatou que esse regime hídrico não afetou o teor de sólidos solúveis (Brix) das variedades e ainda concluiu que o Pol é afetado negativamente pelo estresse hídrico, porém, o Brix e o Pol não se mostraram eficientes em diferenciar as variedades quanto à tolerância à seca. No presente trabalho, o Pol e o Brix também foram semelhantes ao se comparar as variedades em cada regime hídrico.

Macêdo et al. (2012) ao avaliarem as variedades RB835486 e RB867515 em regimes hídricos contrastantes, observaram que nas plantas cultivadas sob irrigação os valores do Brix foram menores e, sob esse regime hídrico, a porcentagem de sólidos solúveis (Brix) não ultrapassou 17,5 %, enquanto no sequeiro esse índice tecnológico foi mais elevado (20,3%); no estudo foi concluído que a irrigação alterou a composição química das variedades.

Domaingue (1996) e Silva et al. (2008) constataram que o Brix não foi influenciado pelo déficit hídrico, como observado também no presente estudo. Ramesh e Mahadevaswamy (2000) relataram que o efeito do estresse hídrico na acumulação de sacarose é observado mais no fim do ciclo da cultura, isto é, entre os 240 e 360 dias após plantio.

O teor de fibra na RB855536 irrigada e no sequeiro foram respectivamente 12,89% e 12,31%; na RB867515 o valor desse parâmetro, nos regimes hídricos contrastantes, foi de 12,05% e 11,9%, a porcentagem de fibra não apresentou diferenças significativas com relação ao regime hídrico, mas entre as variedades em cada regime hídrico, quando irrigadas a RB855536 apresentou uma maior porcentagem de fibras quando comparada a RB867515 e no sequeiro as variedades apresentaram comportamento semelhante com relação a esse parâmetro (Figura 20 A).

As variedades com maior porcentagem de fibra têm maior resistência ao tombamento e em geral apresentam maior resistência à penetração de pragas. Do ponto de vista industrial o teor de fibra é importante, pois estas são utilizadas para a queima nas caldeiras gerando vapor que será transformado em energia elétrica (LAVANHOLI, 2010).

O Pol da cana apresentou diferenças significativas com relação ao regime hídrico apenas na RB867515; as plantas irrigadas apresentaram uma porcentagem de Pol superior às plantas submetidas ao sequeiro; A RB867515 irrigada e sob sequeiro apresentaram, respectivamente, Pol da cana de 11,93 e 11,15%, já a RB855536 irrigada obteve Pol da cana de 12,12% e no sequeiro o valor observado foi de 11,44 %. Ao comparar as variedades em cada regime hídrico não foram observadas diferenças significativas (Figura 20 B). Os valores de açúcares totais recuperáveis (ATR) observados na RB855536 no tratamento de suprimento hídrico adequado e no sequeiro foram 121,37; 115,69, respectivamente, e na RB867515 foram 119,76; 112,87 Kg ATR /tonelada de cana-de-açúcar, nesses mesmos regimes hídricos (Figura 20 C).

Foram observadas diferenças significativas com relação ao regime hídrico em ambas as variedades, de forma que as plantas irrigadas apresentaram maior valor desse índice tecnológico. A comparação das variedades em cada regime hídrico não apresentou diferenças significativas.

Segundo a Conab (2012) na safra 2011/2012 o ATR médio foi de 138 Kg por tonelada de cana, assim foi observado que os valores de ATR obtidos no presente estudo estão abaixo do que foi previsto pela Conab nesta safra, e a possível explicação seja a colheita antecipada do experimento devido ao tombamento dos colmos, e segundo Consecana (2006), a cana-padrão, em condições tecnológicas e econômicas de processamento industrial, deve apresentar o Pol da cana de 12,257%, e na colheita do experimento ambas as variedades apresentaram valores de Pol da cana inferiores ao valor de referência.

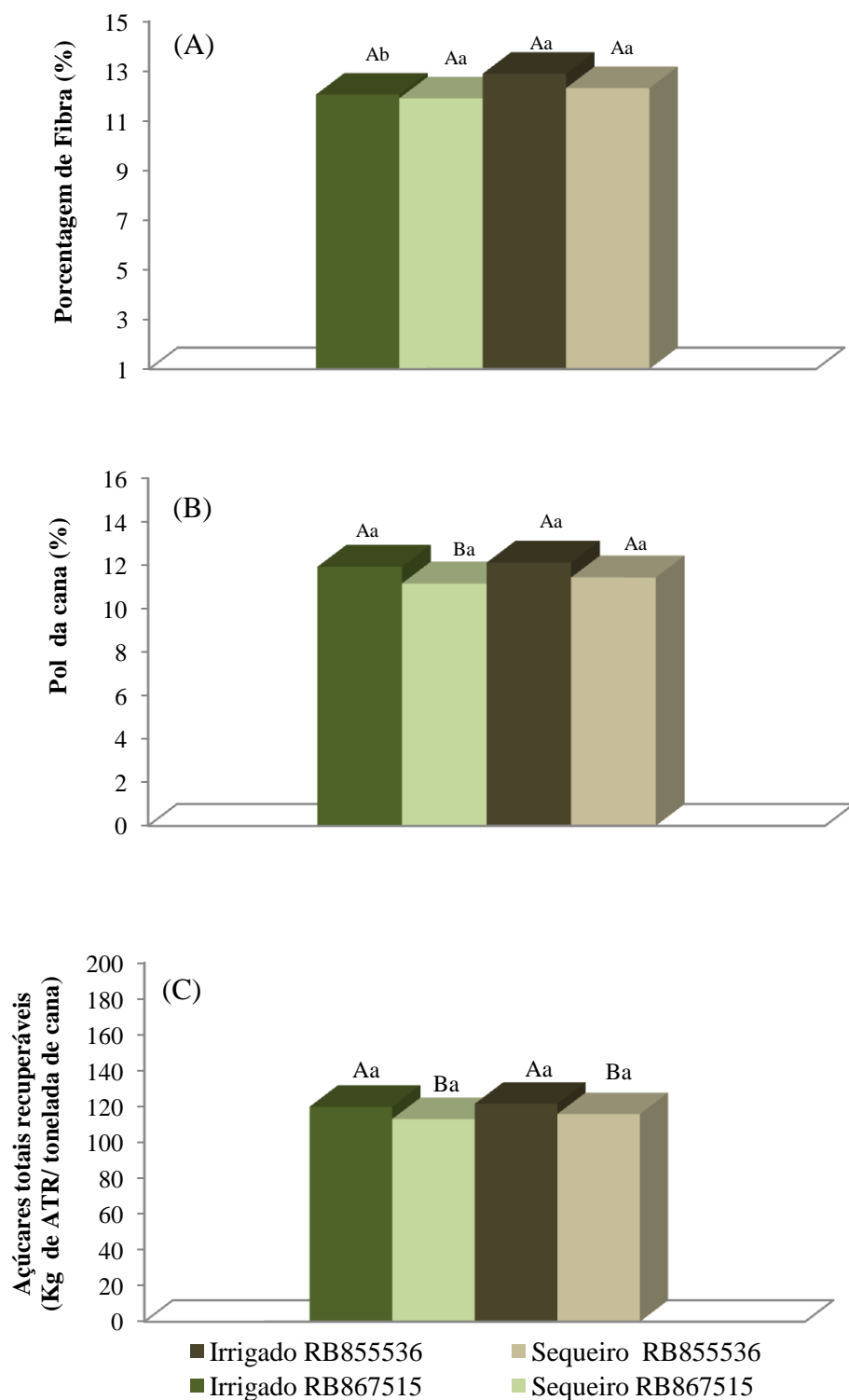


Figura 20. Porcentagem de fibra (A), pol da cana (B) e Teor de Açúcar Total Recuperável (ATR) (C) de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB85536) sob os regimes hídricos: irrigado e sequeiro. Em cada época de avaliação, letras maiúsculas comparam os regimes hídricos para cada variedade e letras minúsculas comparam as variedades dentro de cada regime hídrico. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Begum et al. (2012) ao avaliarem 6 genótipos de cana-de-açúcar para investigar os efeitos do estresse hídrico em parâmetros fisiológicos e na qualidade do caldo da cana-de-açúcar, constataram que a quantidade dos açúcares redutores (ATR) foi reduzida em condições de restrição hídrica e além desse parâmetro o Brix e o Pol também foram reduzidos.

Entende-se por qualidade da cana-de-açúcar a concentração total de açúcares (sacarose, glicose e frutose) recuperáveis no processo industrial (CONSECANA, 2006), e segundo a Conab (2012) em função das condições climáticas ocorridas na safra 2011/2012 bem como a condução e colheita das áreas cultivadas com cana-de-açúcar, o ATR médio da safra 2012/2013 deve ficar até 2% abaixo do total obtido na temporada passada.

Alguns estudos correlacionaram os parâmetros biométricos com a produtividade obtida; Arantes (2012) ao avaliar as variedades RB867515, RB855536, SP83-2847, SP89-1115 sob regimes hídricos contrastantes, com o objetivo de correlacionar a morfologia com a produtividade concluiu que as variáveis morfológicas: índice de área foliar, altura de plantas e número de entrenós correlacionaram-se positivamente com a produtividade colmos em ambos manejos, irrigado e sequeiro.

Silva et al. (2008) realizaram avaliações em variedades de cana-de-açúcar no período de maior desenvolvimento, sob deficiência moderada para correlacionar as variedades morfológicas com a produtividade e observaram que sob estresse a variedade tolerante (TCP93-4245) apresentou maior produtividade, número, altura e massa de colmos que o padrão sensível (TCP-3388), entretanto o padrão sensível apresentou maior diâmetro de colmos; foi constatada uma associação linear entre produtividade e seus componentes, mas o diâmetro de colmos foi bastante instável entre os genótipos.

Machado et al. (2009) ao avaliarem os genótipos IACSP94-2094 e IACSP96-2042, submetidos ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas observaram que o genótipo IACSP94-2094 foi o menos afetado pela falta de água e manteve o crescimento, enquanto o clone IACSP96-2042 foi o mais afetado pelo déficit hídrico e apresentou redução do porte da planta, do acúmulo de matéria seca no colmo e do conteúdo de sólidos solúveis no caldo.

Nos parâmetros morfológicos de avaliação diâmetro e estatura média dos colmos, número de folhas verdes abertas, comprimento e largura da folha +3 e índice de área foliar foram observadas diferenças significativas com relação ao regime hídrico, em que nas plantas irrigadas foi obtido o maior valor desses parâmetros, mas apesar das diferenças significativas observadas entre os regimes hídricos contrastantes, não foram todos os parâmetros que diferenciaram as variedades na comparação das mesmas em cada regime hídrico.

O DMC não diferenciou as variedades submetidas à irrigação, mas no sequeiro quando as precipitações foram retomadas novamente observou-se que a RB867515 obteve um crescimento compensatório de forma que essa variedade apresentou maior DMC que a RB855536 nesse regime hídrico. No sequeiro a EMC não diferenciou as variedades, mas quando irrigadas a RB855536 apresentou maior EMC e isso provavelmente nos indique uma maior responsividade à irrigação dessa variedade.

No tratamento de suprimento hídrico adequado o NFVA diferenciou as variedades; a RB855536 apresentou maior NFVA nesse regime hídrico, as diferenças entre as variedades foram acentuadas após a retomada das precipitações regulares. No sequeiro em duas avaliações realizadas no período da seca a RB867515 apresentou maior NFVA, na penúltima avaliação, em que as precipitações já eram regulares, RB855536 obteve maior NFVA, provavelmente devido à responsividade a água recebida através das precipitações.

O número de folhas mortas apresentou diferenças significativas com relação ao regime hídrico apenas na RB855536. Na comparação das variedades em cada regime hídrico, sob irrigação foram observados resultados semelhantes entre as mesmas, mas no sequeiro a RB855536 obteve uma maior NFM.

O C+3, apesar da influencia ocasionada pelo regime hídrico, esse parâmetro de avaliação não diferenciou as variedades em ambos os regimes hídricos. A L+3 diferenciou as variedades apenas no sequeiro, a RB867515 apresentou maior valor desse parâmetro quando comparada a RB855536. O IAF não diferenciou as variedades sob irrigação, mas no sequeiro a RB855536 apresentou maior IAF.

Na avaliação do NPI e NFE não foram observadas diferenças significativas tanto entre os regimes hídricos quanto na comparação das variedades em cada regime hídrico. A produtividade, o Pol do caldo, o ATR, apresentaram diferenças significativas com

relação ao regime hídrico, em que as variedades irrigadas apresentaram maiores valores desses parâmetros de avaliação, o que confirma os benefícios que podem ser ocasionados pelo suprimento hídrico aos canaviais e conseqüentemente, de forma geral, ao setor sucroalcooleiro.

O Pol da cana apresentou diferenças significativas com relação ao regime hídrico apenas para a RB867515, quando submetida à irrigação valores mais expressivos desse parâmetro foram observados. O Brix, a porcentagem de fibra e a pureza do caldo não apresentaram diferenças significativas com relação ao regime hídrico, como também não diferenciaram as variedades na comparação das mesmas em cada regime hídrico.

Na comparação das variedades em cada regime hídrico, sob irrigação a RB855536 obteve os maiores valores de EMC e NFVA (Figuras 3 e 4), com relação aos demais parâmetros morfológicos avaliados as variedades RB867515 e RB855536 apresentaram resultados semelhantes. Segundo Silva e Costa (2004) existe correlação positiva entre altura de plantas e número de perfilhos com a produtividade de colmos e não ocorre correlação significativa entre diâmetro de colmos e a produtividade.

Quando submetidas à restrição hídrica a RB867515, apresentou maiores valores de DMC e NFVA (Figuras 9 e 11), na RB855536 nesse regime hídrico obteve-se os maiores valores de NFM e IAF (Figuras 13 e 17), com relação aos outros parâmetros avaliados as variedades foram semelhantes. Sob sequeiro a RB867515 se mostrou mais tolerante à seca quando comparada a RB855536, pois em períodos de intenso déficit hídrico, como na avaliação realizada aos 127 DAC essa variedade apresentou parâmetros morfológicos, como o NFVA, mais expressivos que a RB855536.

Em geral, na avaliação dos dados obtidos a RB855536 apresentou responsividade à irrigação, devido ao comportamento das características morfológicas da mesma sob condição de suprimento hídrico adequado, como também os resultados obtidos dessa variedade submetida ao déficit hídrico de modo que, na retomada das precipitações regulares a RB855536 não só apresentou resultados semelhantes a RB867515 como também superou a mesma.

A produtividade e o ATR das variedades foram semelhantes, esse resultado talvez possa ser explicado pelo volume de precipitações após o período de déficit

hídrico que permitiu a RB855536 obtivesse a produtividade semelhante a RB867515 no sequeiro.

Variedades da mesma classificação quanto à tolerância podem mostrar diferentes respostas a nível morfológico, fisiológico e moleculares em virtude de muitas características de cana-de-açúcar terem controle multigênico (RODRIGUES, et al., 2009). A avaliação dos efeitos do estresse hídrico sobre os componentes de produção e sua relação com a produtividade pode auxiliar os programas de melhoramento vegetal a selecionar genótipos produtivos sob essa condição (SILVA et. al., 2008).

5.4 CONCLUSÕES

O cultivo da cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos permite distinguir o comportamento de cada variedade frente à condição imposta. A maioria dos parâmetros biométricos analisados foram negativamente afetados pelo cultivo das duas variedades (RB855536 e RB867515) no sequeiro.

Somente o número de folhas emergentes, número de perfilhos industrializáveis, porcentagem de sólidos solúveis do caldo (Brix) e a pureza do caldo, foram semelhantes nos regimes hídricos contrastantes e também entre as variedades RB855536 e RB867515.

Em resposta ao estresse hídrico, há uma significativa redução na produtividade das variedades, sendo que os parâmetros analisados são de grande importância para subsidiar novas pesquisas, indicando quais são mais influenciados por regimes hídricos contrastantes.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

A RB855536 sob sequeiro apresentou menor potencial hídrico, maior taxa de transpiração e maior índice de área foliar; essa variedade obteve comportamento contrário a uma planta que possui determinados mecanismos fisiológicos para evitar a perda de água em condição de déficit hídrico, pois segundo Inman-Bamber e Smith (2005) as plantas podem evitar o estresse hídrico pela diminuição da transpiração

através do fechamento dos estômatos e da área foliar exposta, já que as folhas jovens da cana-de-açúcar são capazes de se enrolar para reduzir sua área foliar projetada.

No sequeiro a RB867515 obteve maiores valores de potencial hídrico, menor taxa de transpiração e menor índice de área foliar, essas informações confirmam que a RB867515 obtém mecanismos fisiológicos para evitar a perda excessiva de água quando submetida ao déficit hídrico, conforme foi descrito por Inman-Bamber e Smith (2005). A RB855536 irrigada apresentou maior condutância estomática, transpiração e fotossíntese quando comparada a RB867515 nesse regime hídrico, o que talvez denote a essa variedade uma maior responsividade a irrigação.

As características fisiológicas da RB867515 sob sequeiro, podem ser devido a uma maior eficiência da abertura estomática, o que caracteriza uma maior tolerância ao déficit hídrico quando comparada a RB855536; ainda que o controle das trocas gasosas seja considerado um processo complexo, pois, as plantas têm duas alternativas onde, se ocorrer ligeira diminuição de turgescência celular, suficiente para causar o fechamento dos estômatos, a absorção de dióxido de carbono vai se tornar extremamente difícil, diminuindo sensivelmente a atividade de assimilação de carbono, assim, elas necessitam abrir os estômatos para a entrada do CO₂ e também fechá-los para evitar a perda de água, porém a tendência é favorecer a assimilação fotossintética (PIMENTEL, 1998).

Nas avaliações morfológicas a RB855536 sob irrigação apresentou maior estatura média dos colmos e número de folhas verdes abertas, nos demais parâmetros morfológicos avaliados foram observados resultados semelhantes entre a RB855536 e a RB867515. No sequeiro, em geral, a RB855536 obteve uma maior número de folhas mortas e maior índice de área foliar; a RB867515 nesse regime hídrico obteve maior diâmetro médio dos colmos e número de folhas verdes abertas.

Na avaliação dos dados morfológicos foi possível constatar que a RB855536 é responsiva ao suprimento hídrico adequado; sob irrigação essa variedade obteve maior estatura média dos colmos e número de folhas verdes abertas quando comparada a RB867515, mas a responsividade à água pode ser observada de forma mais expressiva no sequeiro. No período de intenso déficit hídrico a RB855536 apresentou menores valores de determinados parâmetros biométricos; com a retomada da precipitação pluviométrica essa variedade recuperou seu crescimento, como também superou a

RB867515 em alguns parâmetros, como por exemplo, no número de folhas verdes abertas (Figura 4).

A RB867515 no sequeiro, em períodos de intenso déficit hídrico como aos 127 DAC, obteve um maior número de folhas verdes abertas, menor número de folhas mortas e menor índice de área foliar quando comparada a RB855536. Na avaliação dos dados morfológicos, constata-se que mesmo após a retomada das precipitações, os parâmetros avaliados das variedades sob irrigação ainda apresentaram maiores valores.

A irrigação promoveu um melhor padrão de crescimento nas variedades RB867515 e RB855536, e esse resultado foi também observado na produtividade dessas variedades; sob irrigação estas apresentaram em média uma produtividade 50% superior ao que foi observado no sequeiro.

A produtividade (TCH), o Pol do caldo e ATR das variedades RB867515 e RB855536 irrigadas foram maiores do que sob sequeiro. O suprimento hídrico adequado dos canaviais implantados em áreas sob longos períodos de déficit hídrico é necessário, pois a irrigação pode promover maiores produtividades para o setor canavieiro.

Na avaliação dos dados de produtividade uma peculiaridade foi observada. A RB855536 que foi mais sensível à seca comparada à RB867515, apresentou produtividade semelhante à RB867515 sob sequeiro; existem duas possíveis explicações para esse resultado, uma delas é a responsividade da RB855536 ao suprimento hídrico, de forma que a retomada das chuvas teria permitido a essa variedade uma recuperação em crescimento obtendo assim uma produtividade semelhante à RB867515.

O maior índice de área foliar da RB855536 no sequeiro também pode ser uma explicação para a produtividade semelhante das variedades sob esse regime hídrico, pois foi constatado por Arantes (2012) que o índice de área foliar está diretamente relacionado com a produtividade de colmos; o aumento do IAF ocorre em função tanto do aumento do número de folhas por colmo, como do aumento da área foliar individual, existindo uma significativa associação entre a produtividade da cultura e a superfície total fotossinteticamente ativa, representada pelo IAF (FARIAS et al., 2008). Portanto, sob restrição hídrica a manutenção do IAF por uma variedade influi na produtividade.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and drainage paper 56**. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300p.

ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; FILHO, G. M.; JÚNIOR, R. A. F. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p.1441-1448, 2008.

ARANTES, M. T. **Potencial de cultivares de cana-de-açúcar sob os manejos irrigado e sequeiro**. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, 2012.

BEGUM, M. K.; ALAM, M. R.; ISLAM, M. S.; AREFIN, M. S. Effect of water stress on physiological characters and juice quality of sugarcane. **SugarTech**, Bangladesh, v.14, n.2 p. 161-167, 2012.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**. Segundo levantamento, agosto/2012. Brasília: Conab, 2012. 18 p.

CONSECANA. Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. , Piracicaba, 2006. 112p.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.516-524, 2008.

DOMAINGUE, R. Family and varietal adaptation of sugarcane to dry conditions and relevance to selection procedures. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 21. Bangkok, 1995. **Proceedings...** Bangkok: ISSCT, p. 418-435, 1996.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; NETO, J. D. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 356-362, 2008.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria canavieira**. Piracicaba: STAB, 2000. 193 p.

FERRAZ, E. C. Fisiologia da cultura do arroz de sequeiro. In: Simpósio da cultura do arroz de sequeiro, 1993, Jaboticabal, Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato. **Anais...**, p. 26-30.

GAVA, G. J. de C.; SILVA, M. A.; SILVA, R. C.; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, O. T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 250-255, 2011.

GUIMARÃES, A. C. R. **Caracterização de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) submetidas a déficit hídrico**. 2011. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2011.

HANKS, R. J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line-source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 40, p. 426-429, 1976.

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

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

INMAN-BAMBER, N. G.; BONNETT, G. D.; SPILLMAN, M. F.; HEWITT, M. L.; JACKSON, T. Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, South Africa, v. 59, p. 13-26, 2008.

KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983, 489 p.

LANDELL, M. G. A.; SILVA, M. A. As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 18-23, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531 p.

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

MACÊDO, G. A. R.; COSTA, É. L., VIANA, M. C. M., FERREIRA, J. J.; PIRES, J. F.; FREIRE, F. M. Características agrônômicas e químicas das variedades de cana-de-açúcar RB83-5486 e RB86-7515 sob irrigação e sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.6, p. 599-603, 2012.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p.1575-1582, 2009.

OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B. M. T.; FREIRE, F. J.; JÚNIOR, M. A. L.; MACHADO P. R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 951-960, 2010.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, E.; WEBER, H.; IDO, Q. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D. K. T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-plantão, no Estado do Paraná: taxas de crescimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 6, n. 1-2, p. 85-89, 2005.

PINCELLI, R. P. **Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, 2010.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: EDUR, 2004, 191p.

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**, Berlin, v. 185, p. 249-258, 2000.

RIDESA. Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro, **Catálogo nacional de variedades "RB" de cana-de-açúcar**. Curitiba: RIDESA, 2010. 136 p.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. 1995. 101f. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu, 1995.

RODRIGUES, F. A.; LAIA, M. L.; ZINGARETTI, S. M. Analysis of gene expression profiles under water stress in tolerant and sensitive sugarcane plants. **Plant Science**, Ireland, v. 176, p. 286-302, 2009.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2v. 1279 p.

SILVA, T., G., F. **Análise de crescimento, interação biosfera - atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no submédio do Vale do São Francisco**. 2009. 194f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2009.

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. 655-661. 2008.

SILVA, M. de A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G. da; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.19, n.3, p. 193-201. 2007.

SILVA, A. L. C.; COSTA, W. A. J. M. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. **Tropical Agricultural Research**, Peradeniya, v. 16, p. 1-12, 2004.

SOARES, R. A. B; OLIVEIRA, P. F. M.; CARDOSO, H. R.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A; ROSENFELD, J. Efeito da irrigação sobre o desenvolvimento e a produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em início de safra. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, p. 38-41, 2004.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 91-97, 2006.

STONE, P. J.; SORENSEN, I. B.; JAMIESON, P. D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool temperature climate. **Field Crops Research**, Amsterdam ,v.48, p.169-178, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. . Massachusetts: Sinauer Associates, 2002. 690p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.719.

TAVARES, A. C. S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. 2009. 220f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2009.

TEJERA, N. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam ,v.102, p.64–72, 2007.

6. ANEXOS

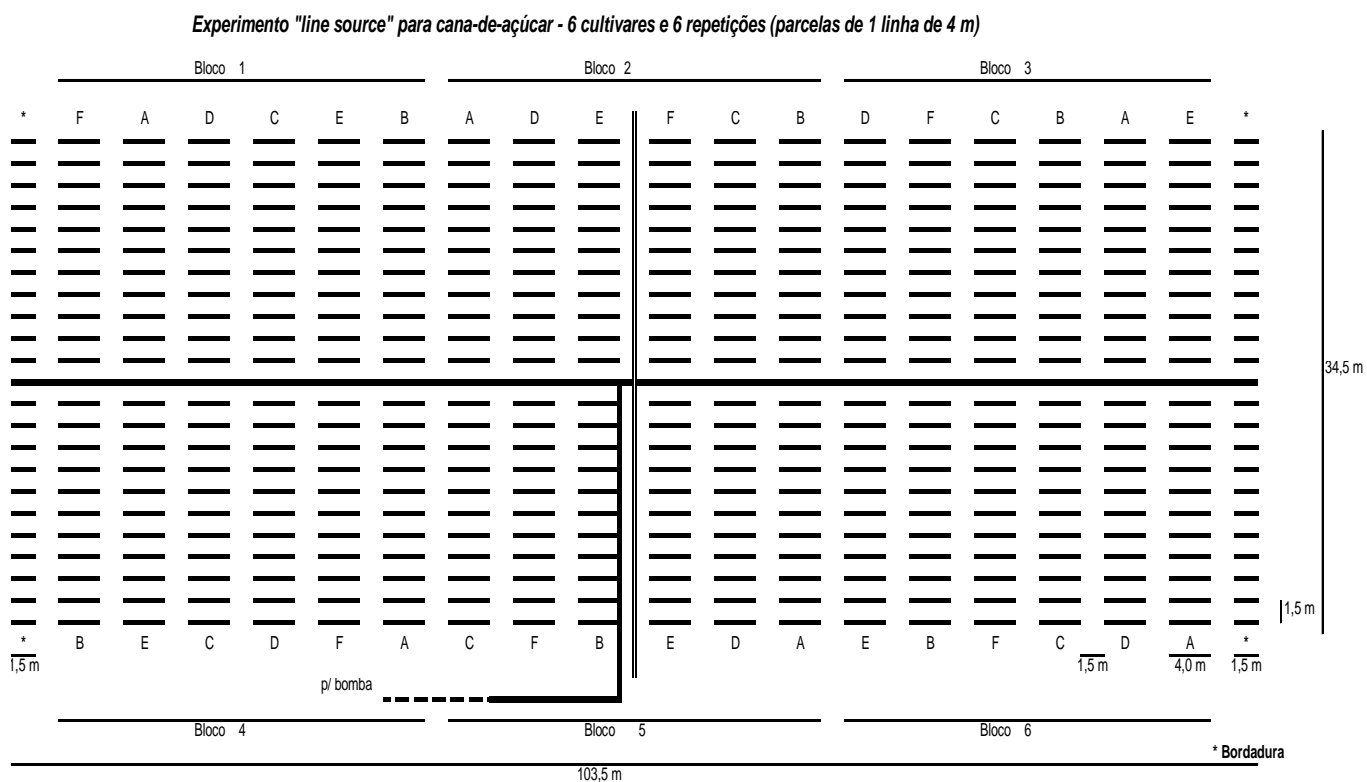


Figura 1A. Croqui da área do experimento, a letra “C” indica a posição da RB867515 e a “D” indica a posição da RB855536 na área experimental.

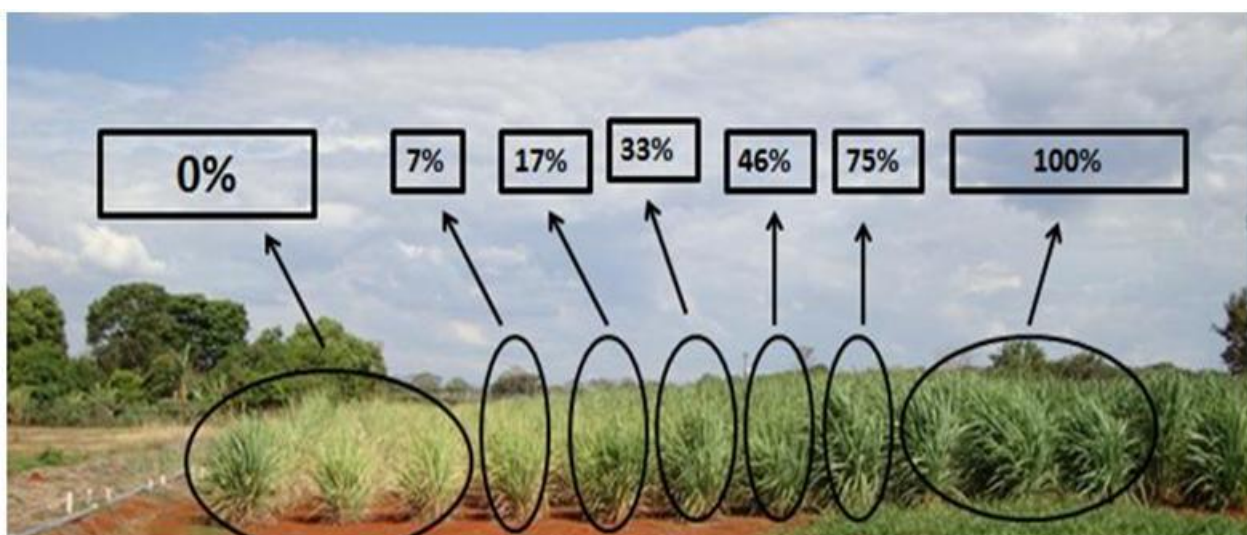


Figura 2A. Redução da lâmina de água aplicada do centro para as extremidades (Sistema Line Source). Os níveis avaliados no presente estudo foram os regimes hídrico irrigado e sequeiro, que correspondem ao 100% e 0% .

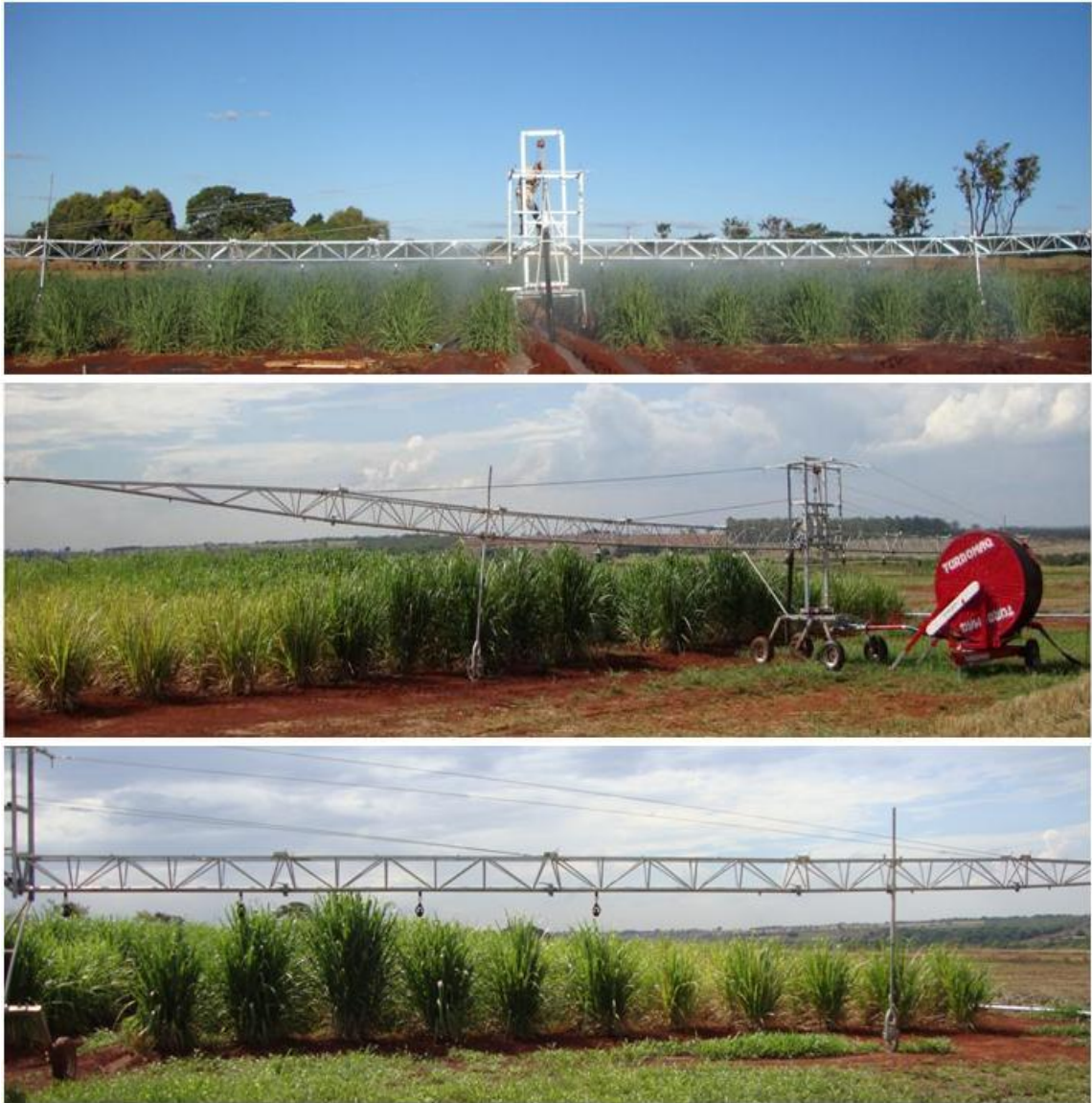


Figura 3A. Barra irrigadora com sistema autopropelido e bocais conjugados.



Figura 4A. Diferenças das plantas irrigadas e sob sequeiro.

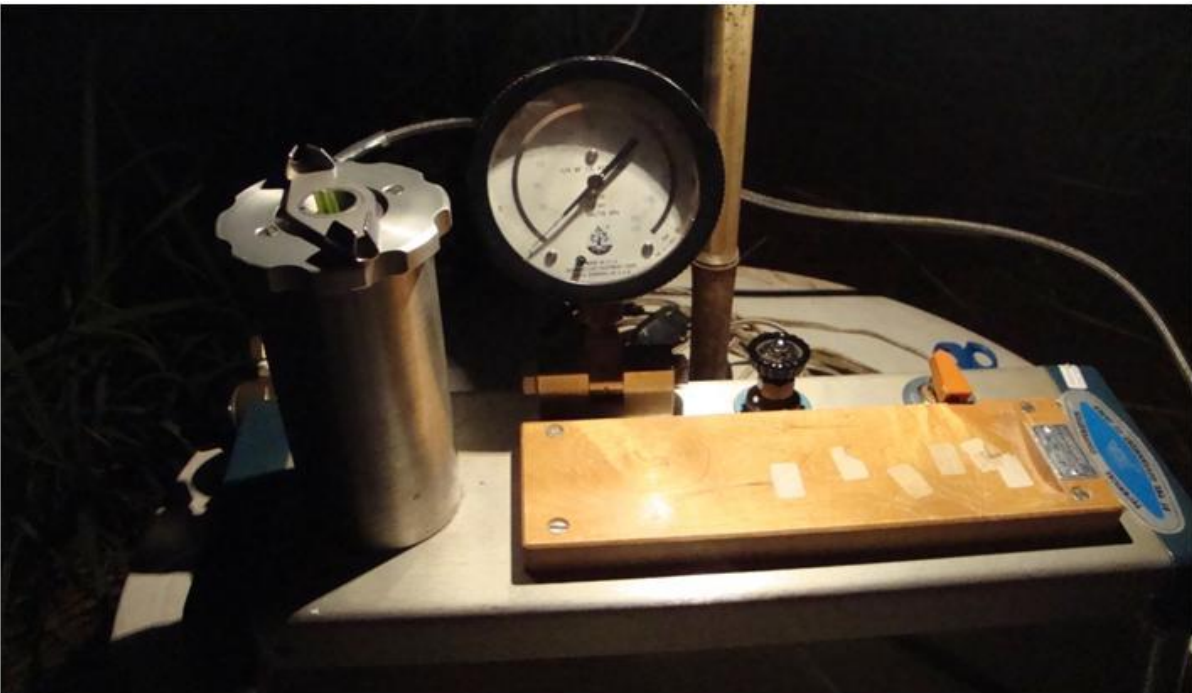
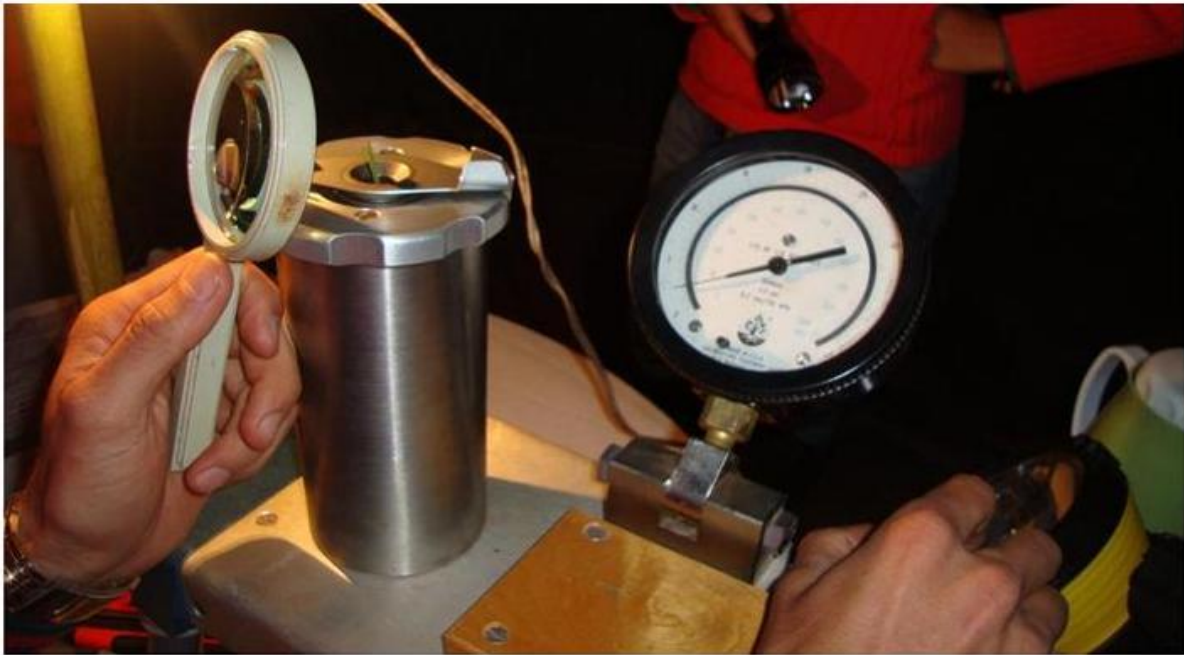


Figura 5A. Avaliação do potencial hídrico foliar na antemanhã, utilizando-se da Bomba de Sholander.



Figura 6A. Avaliação dos parâmetros fotossintéticos utilizando o aparelho de medição de trocas gasosas “Irga”.



Figura 7A. Avaliação do DMC das variedades com o auxílio de um paquímetro digital.



Figura 8A. Avaliação da EMC em diferentes períodos.



Figura 9A. Mensuração do comprimento e da largura da folha +3.



Figura 10A. Após a retomada das precipitações, ainda era possível observar diferenças entre os regimes hídricos irrigado e sequeiro. Foto tirada antes da colheita.



Figura 11A. Acamamento em alguns pontos da área experimental.



Figura 12A. RB867515 e RB855536 no sequeiro, no dia da colheita.

Tabela 1: Valores médios do potencial hídrico foliar, taxa fotossintética líquida, transpiração, condutância estomática e índice de clorofila de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) submetidas aos regimes hídricos irrigado e de sequeiro, avaliados em diferentes períodos após o corte.

Potencial Hídrico (MPa)		86 DAC	113 DAC	133 DAC
Variedades	Tratamento			
RB855536	Irrigado	-0,22	-0,14	-0,21
	Sequeiro	-0,26	-0,34	-0,44
RB867515	Irrigado	-0,16	-0,12	-0,25
	Sequeiro	-0,23	-0,18	-0,34
Fotossíntese ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		86 DAC	113 DAC	133 DAC
Variedades	Tratamento			
RB855536	Irrigado	15,5	11,2	13,7
	Sequeiro	13,5	6,7	3,0
RB867515	Irrigado	11,3	6,9	9,2
	Sequeiro	9,2	5,1	3,4
Transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		86 DAC	113 DAC	133 DAC
Variedades	Tratamento			
RB855536	Irrigado	5,3	5,8	4,7
	Sequeiro	4,6	4,3	1,6
RB867515	Irrigado	4,0	4,8	2,8
	Sequeiro	3,4	3,4	1,6
Cond. Estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		86 DAC	113 DAC	133 DAC
Variedades	Tratamento			
RB855536	Irrigado	0,18	0,12	0,17
	Sequeiro	0,13	0,07	0,03
RB867515	Irrigado	0,14	0,10	0,09
	Sequeiro	0,10	0,06	0,03
Índice de Clorofila		86 DAC	113 DAC	133 DAC
Variedades	Tratamento			
RB855536	Irrigado	53,1	47,8	45,1
	Sequeiro	48,9	44,8	33,6
RB867515	Irrigado	55,0	50,6	45,3
	Sequeiro	50,3	42,7	37,4

Tabela 2: Valores médios do diâmetro dos colmos, estatura dos colmos e número de folhas verdes abertas de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) submetidas aos regimes hídricos irrigado e de sequeiro, avaliados em diferentes períodos após o corte.

DMC (mm)		80 DAC	99 DAC	127 DAC	147 DAC	167 DAC	201 DAC	259 DAC	296 DAC
Variedades	Tratamento								
RB855536	Irrigado	15,5	18,6	23,2	26,6	27,5	28,21	29,50	30,81
	Sequeiro	12,8	13,9	15,2	15,3	18,0	21,96	23,79	24,67
RB867515	Irrigado	14,3	16,5	21,3	23,6	25,4	31,56	33,18	32,51
	Sequeiro	12,5	13,7	16,3	17,7	22,8	26,50	27,90	30,04

EMC (cm)		80 DAC	99 DAC	127 DAC	147 DAC	167 DAC	201 DAC	259 DAC	296 DAC
Variedades	Tratamento								
RB855536	Irrigado	29	38	52	74	107	155,71	271,67	321,07
	Sequeiro	23	26	28	28	35	62,93	175,13	229,87
RB867515	Irrigado	25	33	44	57	75	144,10	251,73	272,93
	Sequeiro	21	26	32	35	43	79,00	169,13	249,00

NFVA (n°/ planta)		80 DAC	99 DAC	127 DAC	147 DAC	167 DAC	201 DAC	259 DAC	296 DAC
Variedades	Tratamento								
RB855536	Irrigado	2,4	2,3	2,3	2,4	2,6	6,80	8,47	6,93
	Sequeiro	2,2	2,0	1,6	1,3	2,0	6,07	7,13	6,00
RB867515	Irrigado	2,3	2,4	2,2	2,2	2,0	5,20	5,93	5,73
	Sequeiro	2,2	2,1	1,9	1,6	1,9	5,60	6,13	5,60

Tabela 3: Valores médios do número de folhas mortas, número de folhas emergentes e comprimento da folha +3 de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) submetidas aos regimes hídricos irrigado e de sequeiro, avaliados em diferentes períodos após o corte.

NFE (nº/ planta)		80 DAC	99 DAC	127 DAC	147 DAC	167 DAC	201 DAC	259 DAC	296 DAC
Variedades	Tratamento								
RB855536	Irrigado	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,93	3,00	3,00
	Sequeiro	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	2,80	3,13	3,00
RB867515	Irrigado	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	3,00	3,07	3,00
	Sequeiro	1,8	1,9	1,8	1,9	1,8	3,00	3,00	3,07

NFM (nº/ planta)		80 DAC	99 DAC	127 DAC	147 DAC	167 DAC	201 DAC	259 DAC	296 DAC
Variedades	Tratamento								
RB855536	Irrigado	1,2	1,7	2,1	2,2	2,5	6,8	9,33	12,00
	Sequeiro	1,4	1,9	2,3	2,3	2,5	5,7	8,73	10,47
RB867515	Irrigado	1,0	1,3	2,1	2,2	2,5	6,7	9,60	9,20
	Sequeiro	1,2	1,6	2,1	2,3	2,5	5,53	8,73	9,53

C+3 (cm)		80 DAC	99 DAC	127 DAC	147 DAC	167 DAC	201 DAC	259 DAC	296 DAC
Variedades	Tratamento								
RB855536	Irrigado	78	98	137	147	157	158	169	175
	Sequeiro	72	81	107	105	121	103	157	172
RB867515	Irrigado	76	98	123	136	162	162	175	178
	Sequeiro	66	83	106	112	128	118	163	167

Tabela 4: Valores médios da largura da folha +3, número de perfilhos industrializáveis e índice de área foliar de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) submetidas aos regimes hídricos irrigado e de sequeiro, avaliados em diferentes períodos após o corte.

L+3 (cm)		80 DAC	99 DAC	127 DAC	147 DAC	167 DAC	201 DAC	259 DAC	296 DAC
Variedades	Tratamento								
RB855536	Irrigado	2,3	2,1	2,3	2,6	3,3	4,1	5,5	5,4
	Sequeiro	1,9	1,7	2,1	1,9	2,3	2,8	4,2	4,8
RB867515	Irrigado	2,2	1,9	2,2	2,4	3,1	4,6	5,4	5,4
	Sequeiro	2,2	2,1	2,3	2,2	2,6	3,6	4,7	5,2

NPI (n°)		80 DAC	99 DAC	127 DAC	147 DAC	167 DAC	201 DAC	259 DAC	296 DAC
Variedades	Tratamento								
RB855536	Irrigado	100	117	122	101	84	53	28	28
	Sequeiro	93	107	101	90	80	64	31	32
RB867515	Irrigado	99	114	120	115	79	42	22	25
	Sequeiro	85	96	94	75	61	37	24	22

IAF		86 DAC	99 DAC	145 DAC	179 DAC	218 DAC	275 DAC
Variedades	Tratamento						
RB855536	Irrigado	3,1	3,5	2,8	5,29	5,76	6,07
	Sequeiro	2,7	2,4	1,4	2,26	2,94	4,28
RB867515	Irrigado	2,7	3,0	2,5	4,44	5,11	5,39
	Sequeiro	2,1	2,2	1,0	1,94	2,86	3,17

Tabela 5: Valores médios da produtividade e índices tecnológicos que definem que qualidade da matéria prima de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB855536) submetidas aos regimes hídricos irrigado e de sequeiro, avaliados em diferentes períodos após o corte.

Produtividade e Índices tecnológicos		TCH (ton/ha)	BRIX % CALDO (%)	POL % CALDO (%)	POL % CANA (%)	PZA % CALDO	FIBRA % CANA (%)	ATR (Kg/ton de cana)
Variedades	Tratamento							
RB855536	Irrigado	230	17,46	14,54	12,12	83,2	12,89	121,37
	Sequeiro	127	16,87	13,59	11,44	80,53	12,31	115,69
RB867515	Irrigado	229	17	14,11	11,93	83,03	12,05	119,76
	Sequeiro	108	16,22	13,15	11,15	81,14	11,9	112,87