



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS



AVALIAÇÃO ECOFISIOLÓGICA E METABÓLICA DE QUATRO VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR

JOÃO PAULO SILVA SOUSA

2013



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**



JOÃO PAULO SILVA SOUSA

**AVALIAÇÃO ECOFISIOLÓGICA E METABÓLICA DE QUATRO VARIEDADES
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração em Fitotecnia e Fisiologia Vegetal para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador

Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr.

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S725a Sousa, João Paulo Silva
Avaliação ecofisiológica e metabólica de quatro variedades de cana-de-açúcar / João Paulo Silva Sousa ; orientador Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr. – São Cristóvão, 2013.
vi, 62 f. : il.

Dissertação (mestrado em Agroecossistemas) –Universidade Federal de Sergipe, 2013.

1. *Saccharumofficinarum*. 2. Eficiência fotoquímica. 3. Trocagosa. 4. Mancha curvulária. I. Oliveira Júnior, Luiz Fernando Ganassali de, orient. II. Título

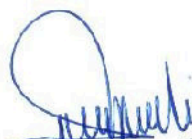
CDU: 633.61

JOÃO PAULO SILVA SOUSA

**AVALIAÇÃO ECOFISIOLÓGICA E METABÓLICA DE QUATRO VARIEDADES
DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB ESTRESSE BIÓTICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração em Fitotecnia e Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

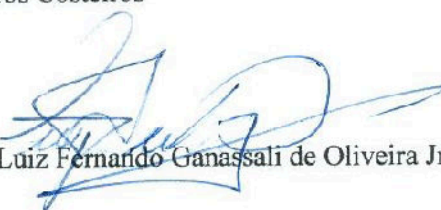
APROVADA:



Prof. Dr. Paulo Roberto Gagliardi
UFS



Dr. Adenir Vieira Teodoro
Embrapa Tabuleiros Costeiros



Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr.

UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

A minha família, Carla Lôbo e equipe

ECOPOC

Dedico

AGRADECIMENTOS

A todos que amo o meu muito obrigado por fazerem de mim a pessoa feliz e que espalha alegria que vocês conhecem.

Estou escrevendo sem usar backspace esse agradecimento. Meio que sem tempo, mas como muito coração na ponta desses dedos que estão digitando.

A minha família que me aguenta desde sempre e em especial nesse período de mestrado, sei que não foi fácil pra ninguém. Me orgulho de ver em mim traços de todos vocês. Essa força estranha que me faz continuar! Pai, Mãe e irmã! Amo muito vocês!

A minha noiva querida pela paciência, compreensão e todo o amor que tem me ofertado. Amo muito você princesa!

Ao meu orientador e grande amigo Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr. por fazer parte da minha história e ajudar a construir o pesquisador que um dia eu pretendo ser. Chefe, obrigado por tudo!

A equipe ECOPOC por fazer desse laboratório uma usina de sonhos, de possibilidades de descobrir!

Aos meus amigos e irmãos da vida que são muitos! Obrigado por me ouvirem e aconselharem nos meus momentos de estresse e transformarem tudo em lazer quando eu mais precisava.

E ao mestre dos mestres (nunca apliquei tão bem essa expressão), por reger a orquestra da minha vida e tornar tudo mais fácil sob a luz do teu amor. Deus cuida de mim!

BIOGRAFIA

João Paulo Silva Sousa, nascido em 21 de agosto de 1984. Filho de Vanda Cristina de Oliveira Silva Sousa e Fernando Batista de Sousa. Gradou-se Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Sergipe em 2010, ingressou no mestrado em agroecossistemas em 2011. Desde 2005 dedica-se a pesquisa, desenvolvimento e extensão nas áreas de agroecologia, integração lavoura x pecuária x floresta, pós-colheita e ecofisiologia.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 A cultura da cana-de-açúcar	2
2.2 Parâmetros Ecofisiológicos	3
2.3 Pigmentos clorofilados	7
2.4 Quantificação de fenilalanina-amônia-liase	8
2.5 Fungos fitopatogênicos	8
2.6 Interação Planta x Patógeno	9
3. ARTIGO : Influência da mancha de curvularia na cana-de-açúcar	11
Resumo	11
Introdução	13
Materiais e métodos	14
Resultados e Discussões	17
Conclusão	24
Referências bibliográficas	24
4. ARTIGO 2: Influência da mancha de curvularia na cana-de-açúcar	28
Resumo	28
Introdução	31
Materiais e métodos	32
Resultados	35
Discussão	41
Conclusão	45
Referências bibliográficas	45
5. CONCLUSÕES GERAIS	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	55

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO2:Influência da mancha de curvularia na cana-de-açúcar

- FIGURA 1.Fluorescência Inicial
- FIGURA 2.Fluorescência Máxima
- FIGURA 3.Fluorescência Variável
- FIGURA 4.Eficiência fotoquímica máxima do FSII
- FIGURA 5.Quenching fotoquímico
- FIGURA 6.Quenching não-fotoquímico
- FIGURA 7.Assimilação fotossintética de CO₂
- FIGURA 8.Condutância estomática
- FIGURA 9.Concentração interna de carbono
- FIGURA 10.Transpiração
- FIGURA 11.Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar
- FIGURA 12.Área foliar planta mãe
- FIGURA 13.Área foliar perfilhos
- FIGURA 14.Internóides
- FIGURA 15.Número de folhas
- FIGURA 16.Diâmetro de colmo
- FIGURA 17.Comprimento de planta mãe
- FIGURA 18.Número de perfilhos
- FIGURA 19.Clorofila *a*
- FIGURA 20.Clorofila *b*
- FIGURA 21.Clorofila Total
- FIGURA 22.Relação Chl*a*/ Chl*b*
- FIGURA 23.Fenilalanina amônio-liase
- FIGURA 24. RB 92579 controle
- FIGURA 25. RB 92579 inoculado
- FIGURA 26. RB 98710 controle
- FIGURA 27. RB 98710 inoculado
- FIGURA 28. RB 872552 controle
- FIGURA 29. RB 872552 inoculado
- FIGURA 30. RB 962962 controle
- FIGURA 31. RB 962962 inoculado

LISTA DE TABELAS

ARTIGO1:Avaliação ecofisiológica de variedades de cana-de-açúcar

TABELA 1: Valores médios de Clorofila a (Chl a), Clorofila b (Chl b), Clorofila Total (Chl T) e relação (Chla/b) de quatro variedades de cana-de-açúcar em condições de capacidade de campo em ambiente protegido. São Cristóvão - SE, 2012.

TABELA 2: Valores médios de eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv/Fm), fluorescência inicial (F0), fluorescência variável (Fv), fluorescência máxima (Fm), quenching fotoquímico (qP), quenching não-fotoquímico (qN) de quatro variedades de cana-de-açúcar em condições de capacidade de campo em ambiente protegido. São Cristóvão - SE, 2012.

TABELA 3: Valores médios de Assimilação fotossintética de CO₂ (A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Concentração interna de carbono (C_i - mmol m^{-2}), transpiração (E - $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar}) de quatro variedades de cana-de-açúcar em condições de capacidade de campo em ambiente protegido. São Cristóvão - SE, 2012.

TABELA 4: Valores médios de quantidade de perfilhos da touceira (PT), altura útil (AU), diâmetro de colmo (DC), número de nós (NN), número de folhas (NF), área foliar da planta principal (AFP) e área foliar de perfilhos presentes no colmo de maior diâmetro da touceira (AFPE) de quatro variedades de cana-de-açúcar em condições de capacidade de campo em ambiente protegido. São Cristóvão - SE, 2012.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Chl*a* - Clorofila *a*

Chl*b* - Clorofila *b*

Chl T -Clorofila Total

Chl*a/b* -Relação Clorofila *a* por clorofila *b*

Fv/Fm - Eficiência fotoquímica máxima do FSII

F0 - Fluorescência inicial

Fv - Fluorescência variável

Fm - Fluorescência máxima

qP - Quenching fotoquímico

qN - Quenching não-fotoquímico

A - Assimilação fotossintética de CO₂

Gs - Condutância estomática

Ci - Concentração interna de carbono

E - Transpiração

DPV - Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar

PT - Perfilhos da touceira

AU - Altura útil

DC - Diâmetro de colmo

NN - Número de nós

NF - Número de folhas

AFP - Área foliar da planta principal

AFPE - Área foliar de perfilhos presentes no colmo de maior diâmetro da touceira

PAL – Fenilalanina amônia-liase

|

RESUMO

SOUSA, João Paulo Silva. Avaliação ecofisiológica e metabólica de quatro variedades de cana-de-açúcar sob estresse biótico. São Cristóvão: UFS, 2013. 75p. (Dissertação – Mestrado em Agroecossistemas).*

O presente trabalho teve como objetivo avaliar biométrica, metabólica e fisiologicamente quatro variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) da RIDESA aos 150 e 240 dias. Sendo as avaliações conduzidas aos 240 dias sob a influência do fungo *Curvularia inaequalis*, agente causal da mancha de curvularia. As trocas gasosas, a fluorescência, o teor de clorofila e a biometria das variedades de cana-de-açúcar RB 872552, RB 962962, RB 98710 e RB 92579 foram avaliadas em vasos, mantidos em casa de vegetação sob condição controlada. As medições de trocas gasosas foram realizadas às 8:00 horas da manhã utilizando os parâmetros: assimilação fotossintética de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de Carbono (C_i), transpiração (E) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar}). As medições de fluorescência foram realizadas às 9:00 horas sendo utilizadas a fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v), razão entre as fluorescências variável e máxima (F_v/F_m), quenching fotoquímico (qP) e quenching não-fotoquímico (qN). O teor de clorofila *a*, *b* e total foi coletado depois de decorridas as análises anteriores. A quantificação da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) foi realizada posteriormente em laboratório, utilizando a folha +1 da cana-de-açúcar. Aos 150 dias para as trocas gasosas, os parâmetros assimilação fotossintética de CO₂ e transpiração apresentaram alteração, sendo a variedade 98710 a que apresentou os maiores valores. A mesma tendência se repetiu para os dados de pigmentos clorofilados e biometria. Os dados de fluorescência da clorofila *a* não variaram. Aos 240 dias, as trocas gasosas apresentaram diferença para os parâmetros assimilação fotossintética de CO₂, condutância estomática e carbono interno, sendo que as variedades RB 872552 e RB 962962 apresentaram valores que indicam infecção pelo fungo. A mesma tendência ocorreu na fluorescência da clorofila *a*, nos parâmetros fluorescência mínima, fluorescência máxima, rendimento quântico potencial (F_v/F_m), quenching fotoquímico e não-fotoquímico. Os pigmentos clorofilados não apresentaram nenhuma alteração. Confirmando a tendência, a enzima quantificada fenilalanina amônia-liase (PAL) apresentou variação, sendo as variedades RB 872552 e RB 962962 caracterizadas com maior atividade dessa enzima nos tratamentos inoculados. Biometricamente as variedades RB 92579 e 98710 apresentaram o maior desenvolvimento em ambos os tratamentos. Conclui-se que em condições ótimas, as variedades em geral tiveram tendências iguais aos 150 e 240 dias após o transplante, já sob a influência do fungo *Curvularia inaequalis*, as variedades RB 92579 e RB 98710 não apresentaram sintomas e as variedades RB 872552 e RB 962962 apresentaram sintomas.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*; eficiência fotoquímica; biometria; trocas gasosas; mancha de curvularia.

* Comitê Orientador: Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior – UFS (Co-Orientador), Paulo Roberto Gagliardi.

ABSTRACT

SOUSA, João Paulo Silva. Ecophysiological and metabolic evaluation of four varieties of sugarcane in biotic stress. São Cristóvão: UFS, 2013. 74p. (Dissertation – Master Program in Agroecosystem).*

The purpose of this work was to evaluate biometric, metabolic and physiological four of the most promising varieties of RIDESA's sugar cane at 150 and 240 days, where in this second period, under the influence of the fungus *Curvularia inaequalis*, causal agent of the *Curvularia's* spot. The gas exchange, fluorescence, chlorophyll content and biometry of varieties of sugar cane (*Saccharum officinarum*) RB 872552, RB 962962, RB 98710 and RB 92579 were assessed under controlled conditions in vessels, maintained in a greenhouse. The measurements of gas exchange were made at 8:00 am using the following parameters: photosynthetic assimilation of CO₂ (A), stomatal conductance (gS), the internal concentration of carbon (C_i), transpiration (E) and vapor pressure deficit between leaf and air (DPV_{air-leaf}). Fluorescence measurements were performed at 9:00 am being used the initial fluorescence (F_o), maximum (F_m), variable (F_v), the ratio between variable and maximum fluorescence (F_v / F_m), photochemical quenching (qP) and quenching non-photochemical (qN). The content of chlorophyll a, b and total was collected after elapsed previous analyzes. The quantification of the PAL enzyme was subsequently performed in the laboratory using the leaf +1 of sugar cane. At 150 days of gas exchange, the parameters of photosynthetic CO₂ assimilation and transpiration showed abnormalities, and the variety 98710 presented the best results. The same tendency was repeated in the data of chlorophyllous pigments and biometrics. The data of chlorophyll fluorescence did not change. At 240 days of the gas exchange showed difference for the parameters of photosynthetic assimilation CO₂, stomatal conductance and internal carbon, and the varieties 872552 and 962962 had values that indicate infection by the fungus. The same tendency occurred in fluorescence of chlorophyll a, in the parameters minimal fluorescence, maximal fluorescence, maximum quantum yield (F_v / F_m), photochemical quenching and non-photochemical quenching. The chlorophyllous pigments showed no change. Confirming the trend, quantified the enzyme phenylalanine ammonia-lyase showed variation, with varieties RB 872552 and 962962 with the major activity of this enzyme in the inoculated treatment. Biometrically varieties RB 92579 and 98710 showed the best development in both treatments. We conclude that under optimal conditions, the varieties generally had the same trends at 150 and 240 days after transplanting, already under the influence of the fungus *Curvularia inaequalis*, the varieties RB 92579 and 98710 were resistant, the varieties and RB 872552 and 962962 presented symptoms .

Key-words: *Saccharum officinarum*; photochemical efficiency; biometrics; gas exchange; *curvularia* leaf spot.

* Guidance Committee: Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr. – UFS (Co-Orientador), Paulo Roberto Gagliardi – UFS.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma gramínea originária da Ásia e os maiores produtores são Brasil, Índia, Cuba, México e China. A produção da cana-de-açúcar se dá em todos os estados do Brasil com destaque para o estado de São Paulo que continua sendo o maior produtor. A cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil tem-se tornado cada vez mais expressiva. Segundo a CONAB, o estado de Sergipe a estimativa é de crescimento na produção entre a safra 2010/2011 e 2011/2012.

A importância econômica da cana-de-açúcar é indiscutível, e vem num processo crescente nos últimos anos impulsionada pela necessidade mundial de um substituto para o petróleo. O Brasil saiu na frente nessa tecnologia desde os projetos de desenvolvimento sucroalcooleiro em meados dos anos 1990. Hoje outros países buscam na experiência brasileira um norte para as suas próprias pesquisas na produção de álcool.

Os incentivos e políticas de estado como a adição de porcentagem de álcool na gasolina e a fabricação de carros bicompostíveis explicitam a vontade dos dirigentes do país em apoiar esse setor. Além do álcool a cana-de-açúcar tem grande parcela de contribuição nos setores alimentícios produzindo matéria-prima utilizada em produtos pela indústria. Contudo, existe uma ampla variedade de fatores que promovem redução da produtividade desta cultura. Entre os fatores abióticos e bióticos mais importantes para a região estão a deficiência hídrica e as doenças. O conhecimento das interações e magnitude desses fatores é de fundamental para a seleção de cultivares mais adaptadas e produtivas.

A mancha da curvularia é uma doença recém-detectada na cana-de-açúcar no Brasil que tem como agente causal o fungo *Curvularia inaequalis*. Esse fungo foi detectado na região de Ribeirão Preto - SP e se espalhou para outras localidades com bastante severidade principalmente na variedade CTC 10, causando prejuízos econômicos. As plantas infectadas por esse patógeno apresentam sintomas como o secamento intenso ocorrendo da base para o ápice do colmo podendo provocar secamento de até 50% da planta. O *dewlap* (junção da bainha com o limbo foliar) se torna quebradiço com lesões invadindo a cascamatando colmos em qualquer idade. Manchas avermelhadas nas folhas e bainha foliar também são observados em plantas infectadas.

Até 2008, esta doença ainda não havia sido relatada na cultura da cana-de-açúcar no Brasil e em nenhuma outra parte do mundo. Por se tratar de uma doença nova e com poucas

informações disponíveis, são necessárias pesquisas para produção de conhecimento no assunto. |

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1A cultura da cana-de-açúcar

A lavoura de cana-de-açúcar continua em expansão no Brasil. As áreas em produção tiveram aumento considerável, sendo mais significativo nos estados de: São Paulo (79.520 ha.), Minas Gerais (99.660 ha.), Mato Grosso do Sul (84.700 ha), Goiás (73.120 ha) e Mato Grosso (12.010 ha.) (CONAB, 2011). A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira está estimada em 8.434,3 mil hectares, distribuídos em todos estados produtores.

O estado de São Paulo continua sendo o maior produtor com 52,6% (4.436,53 mil hectares), seguido por Minas Gerais com 9,00% (759,21 mil hectares), Goiás com 7,97% (672,43 mil hectares), Paraná com 7,26% (612,25 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 5,70% (480,86 mil hectares), Alagoas com 5,39% (454,54 mil hectares), e Pernambuco com 3,85% (324,73 mil hectares) (CONAB, 2011).

A produção de cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil tem-se tornado cada vez mais expressiva. No estado de Sergipe, a estimativa de crescimento na produção da safra 2010/2011 para 2011/2012 é de 16,70% (CONAB, 2011). As variedades estudadas nesse trabalho serão a RB 872552, RB 962962, RB 98710, RB 92579.

A RB 872552 tem hábito de crescimento semi-decumbente, bom desenvolvimento, rápido fechamento de entrelinhas, perfilhamento médio, bainhas verdes e levemente amareladas quando expostas, com despalha e quantidade de folhas regular. Essa variedade é recomendada para plantio em ambientes de médio a bom potencial e colheita no início e meio de safra. A RB 872552 tem como destaque o alto teor de sacarose e alta produtividade agrícola, excelente sanidade e excelente brotação em cana-planta e em soqueiras, sendo resistente à ferrugem marrom, tolerante a escaldadura e sem informações para carvão, mosaico e mancha da curvularia. Instituição obtentora: UFRPE, recomendada para a região Nordeste(RIDESA, 2010).

A variedade RB 962962 apresentahábito de crescimento ereto, desenvolvimento rápido e bom fechamento de entrelinhas, perfilhamento médio, bainhas verdes e arroxeadas quando expostas, de fácil despalha e quantidade de folhas regular. Seu plantio é recomendado em ambientes de médio abaixo potencial; sendo a colheita no meio e final de safra. A variedade RB 962962 destaca-se pelo alto teor de sacarose e alta produtividade agrícola, tolerante ao estresse hídrico, excelente sanidade e excelente brotação em cana-planta e em

soqueiras. Essa variedade é moderadamente suscetível à ferrugem marrom e sem informações sobre o carvão, mosaico, escaldadura e mancha da curvularia. Instituição obtentora: UFRPE, recomendada para a região Nordeste(RIDESA, 2010).

A variedade RB 98710 apresenta desenvolvimento lento, colmo de aspecto manchado, ausência de cera, cor roxo amarelo ao sol e amarelo roxo sob a palha, entrenós de comprimento curto, diâmetro médio, gemas pequenas e pouco salientes, folhas estreitas e arqueadas ejoçal regular. A variedade RB 98710 é recomendada para colheita no início da safra. Essa variedade apresenta alta produtividade agrícola, alto teor de açúcar, precocidade e ótimo perfilhamento. Essa variedade é resistente à ferrugem marrom, moderadamente suscetível à escaldadura, moderadamente suscetível ao carvão, resistente ao mosaico e sem informações sobre a mancha da curvularia. Instituição obtentora: UFAL, recomendada para a região Nordeste(RIDESA, 2010).

A RB 92579 possui excelente produtividade agrícola, ótimo perfilhamento, bom fechamento da entrelinha, ótima brotação das socarias, garantindo longevidade dos canaviais, porte semi-ereto, com ótima colheitabilidade, boa recuperação após períodos de seca, altamente responsiva à irrigação e muito eficiente no uso da água, alta eficiência no uso dos principais nutrientes, ótimo teor de sacarose, maturação média com PUI (período útil de industrialização) longo, recomendada para colheita do meio para o final de safra, florescimento baixo, tolerante em relação ao ataque da broca comum, resistente a ferrugem marrom e escaldadura das folhas, moderadamente resistente ao carvão e sem informações sobre a mancha da curvularia.

Desde a sua liberação, a RB92579 vem apresentando expressivas elevações das áreas colhidas pelas empresas da região, em função de suas vantajosas produtividades agroindustriais, de 30% a 40% acima das outras que eram mais cultivadas e 60% acima das variedades cultivadas há duas décadas. Na maioria das unidades da região, tem-se observado elevadas produtividade agrícola (média acima de 80 t/ha) e elevadíssima produtividade sob irrigação(média acima de 140 t/ha). A RB 92579 é recomendada para plantio em áreas de tabuleiro, várzea, encosta e chã com colheita no meio de safra. Instituição obtentora: UFAL, recomendada para a região Nordeste (RIDESA, 2010).

2.2Parâmetros Ecofisiológicos

A fotossíntese é o processo biológico pelo qual organismos autotróficos captam e convertem energia radiante em energia química. Após a síntese, os carboidratos são armazenados ou oxidados na respiração visando à produção de energia e fornecimento de

intermediários secundários para as demais vias do metabolismo vegetal e para a formação estrutural dos tecidos (TAIZ & ZEIGER, 2009; RAVEN, 2007).

A fotossíntese ocorre em organelas especializadas, os cloroplastos, presentes nas células do mesófilo foliar. Localizadas no interior dos cloroplastos, as membranas dos tilacóides contêm os pigmentos fotossintéticos (clorofilas e pigmentos acessórios). A radiação fotossinteticamente ativa ($\lambda = 400$ a 700 nm) é captada por clorofilas que se organizam em complexos denominados pigmentos antena, responsáveis por captar, canalizar e transferir a energia para complexos clorofila-proteína, os centros de reação, havendo transferência de elétrons do fotossistema II (FSII) para o fotossistema I (FSI) (CASTRO et al., 2005; TAIZ & ZEIGER, 2006).

O metabolismo fotossintético C₄ é caracterizado por uma série de adaptações anatômicas e bioquímicas capazes de concentrar CO₂ ao redor do sítio de carboxilação da rubisco (VON CAEMMERER & FURBANK, 2003). Plantas que apresentam fotorrespiração reduzida por mecanismos de concentração de CO₂ no sítio de carboxilação da rubisco também apresentam aumento na eficiência do uso da água e do uso de nutrientes (VON CAEMMERER & FURBANK, 2003; SAGE, 2004).

Nas plantas, a maior parte da radiação incidente na folha não é utilizada nos processos fotossintéticos. Esta radiação é perdida de várias formas, sendo uma parte refletida e outra transmitida, ou seja, atravessa a folha sem ser absorvida, enquanto uma terceira fração é absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes. No entanto, nem todos esses fótons absorvidos pelos pigmentos são utilizados nos processos fotoquímicos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

As clorofilas localizam-se nos cloroplastos, organelas onde ocorre a fotossíntese, a qual possui duas reações importantes: a fotoquímica, nas membranas dos tilacoides e a bioquímica, no estroma do cloroplasto. Dentre os pigmentos fotossintéticos, as clorofilas (*a* e *b*) são os mais abundantes pigmentos biológicos existentes no planeta. Tais organelas além das clorofilas, contêm outros pigmentos tais como os carotenóides (carotenos e xantofilas) (LARCHER, 2006; TAIZ & ZEIGER, 2009). Por sua estrutura química ser instável, as clorofilas são facilmente degradadas, resultando em produtos de decomposição que modificam a percepção e qualidade dos vegetais (STREIT et al., 2005).

Ao absorver a energia luminosa, as moléculas de clorofila modificam temporariamente suas configurações eletrônicas, passando do estado basal para o estado mais energético, sendo ainda muito instável e de vida curta. Assim, após absorver os fótons, esses pigmentos podem dissipar o excesso de energia proveniente da luz por meio de quatro formas competitivas: dissipação fotoquímica (utilizada na fotossíntese), fluorescência (re-emissão na forma de luz), conversão direta de energia (retorno da clorofila ao seu estado base sem ocorrer emissão de

fótons) e dissipação não-fotoquímica (re-emissão na forma de calor) (MAXWELL & JONHSON 2000; CAMPOSTRINI, 2008; TAIZ & ZEIGER, 2009).

Existem métodos não destrutivos que funcionam com simplicidade e rapidez, através do uso de medidores de clorofila tais como o Clorofilog da Falker que permite leituras instantâneas do teor relativo de clorofila na folha, como também para os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* utilizando o IRGA (medidor de gases infra-vermelho), sendo que as principais variáveis observadas são: fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), rendimento quântico máximo do FSII (F_v/F_m), quenching fotoquímico (qP) e quenching não-fotoquímico (qN).

A F_o representa a fluorescência com todos os centros de reação "abertos" e refere-se a emissão de fluorescência pelas moléculas de clorofila *a* do complexo coletor de luz do FSII. O F_m indica a completa redução da quinona A (QA) a partir da incidência de um pulso de luz saturante no centro de reação QA, gerando fluorescência máxima. A diferença entre F_m e F_o resulta na fluorescência variável (F_v), que representa o fluxo de elétrons do centro de reação do FSII (P680) até a plastoquinona (PQH2). O rendimento quântico máximo é calculado como: $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$ (MAXWELL & JOHNSON, 2000). Para a eficiência quântica efetiva (Yield), determinada no claro. $F'_m =$ Fluorescência máxima em folhas a luz ambiente; $F_S =$ fluorescência inicial em ambiente claro, sendo o rendimento quântico efetivo obtido pela seguinte fórmula: $(F'_m - F_S)/F'_m$.

O rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m) e rendimento quântico efetivo (f^3PSII), obtido a partir da fluorescência da clorofila *a*, podem estimar a integridade do FSII de uma determinada folha, pois revela o nível energético de excitação dos pigmentos que dirigem a fotossíntese (O'NEIL et al. 2006). Esse nível depende do balanço entre irradiação e da soma das taxas de fotossíntese e dissipação térmica (SCHOLES & HORTON, 1993). Segundo Campostrini (2008), essa técnica apresenta-se como uma ferramenta de grande potencial nos estudos relacionados aos efeitos dos fatores do ambiente sobre o processo fisiológico em plantas, indicando ausência ou presença de comprometimento no processo fotossintético.

Dessa forma, a habilidade em manter elevadas razões F_v/F_m e o PSII sob estresse pode ser um indicativo de eficiência no uso da radiação pela fotoquímica e pela assimilação de carbono, assim como uma resposta relativamente rápida de F_v/F_m ao estresse moderado pode ser um traço importante para seleção de germoplasma de cana-de-açúcar tolerantes à seca (SILVA et al., 2007). Por outro lado, a eficiência fotoquímica inalterada durante períodos de estresse indica que os genótipos apresentam uma alta recuperação de danos temporários de

fotoinibição no fotossistema II, do contrário, para as duas variáveis podem ser um indicativo de fotoinibição associado a danos no FSII (MAXWELL & JONHNSON, 2000).

Assim, a influência de fungos fitopatogênicos sobre as plantas de cana-de-açúcar caracteriza-se estresse biótico responsável por alterações dos pigmentos nas folhas, alterando a relação clorofila *a* e *b* além de reduzir o rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) e o rendimento quântico efetivo (f^3 PSII).

A fotossíntese é parâmetro indicativo de diferentes estresses que causam mudanças na fluorescência da clorofila *a*, assim importante verificar como se apresenta o fluxo energético do fotossistema II (FSII), na cadeia de transporte de elétrons, chegando ao fotossistema I (FSI), que dará origem ao ATP e ao NADPH₂. Conforme destacado por Strasser et al. (2000) a intensidade de fluorescência de clorofila nas plantas é originada principalmente no FSII, sendo de grande importância para muitos estudos na área de fotossíntese.

A análise da fluorescência da clorofila constitui-se em um método sensível, eficiente, rápido e não destrutivo capaz de detectar com segurança e confiabilidade efeitos de estresse e injúrias no processo fotossintético (YUSUF et al., 2010). As mudanças na cinética de emissão de fluorescência da clorofila *a*, a partir de organismos fotossintéticos são resultados de frequentes modificações na atividade fotossintética (BAKER e ROSENQVIST, 2004), principalmente quanto a eficiência quântica do transporte de elétrons através do FSII em folhas (GENTY et al., 1989) sendo esta relacionada à assimilação de CO₂ (BAKER e ROSENQVIST, 2004). Essas ferramentas nos permitem avaliar a alteração causada no fotossistema por estresses bióticos ou abióticos os quais possam acontecer com as plantas.

Zribiet al. (2009) descrevem que a fluorescência da clorofila *a* pode apontar desde a possibilidade de uma planta tolerar estresses ambientais, bem como a medida em que esses estresses têm danificado o aparelho fotossintético, podendo ser excelente ferramenta para estudo de estresses que induzem mudanças no FSII. Yusuf et al., (2010) abordam que o aparelho fotossintético das plantas é muito sensível a estresses ambientais e mesmo pequenas alterações na sua estrutura e no seu funcionamento podem ser facilmente detectadas através da fluorescência da clorofila *a*.

Os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* são empregados como indicativos de alterações na atividade fotossintética, sendo que a eficiência do transporte de elétrons através do FSII e a eficiência de operação deste estão correlacionados à assimilação de CO₂, sendo assim uma excelente ferramenta para examinar respostas e o desempenho fotossintético e fisiológico das plantas (BAKER e ROSENQVIST, 2004).

A interação da planta com o ambiente determina a produção das culturas, e a produção da matéria seca está diretamente relacionada com a interceptação da radiação solar, em que

ocorre a transformação em energia química através da fotossíntese (TERUEL et al., 1997). O crescimento e o desenvolvimento das plantas estão relacionados com os fatores climáticos ocorridos durante o estágio de desenvolvimento, sendo a temperatura do ar um dos fatores mais importantes (SINCLAIR et al., 2004). A temperatura do ar basal para a cana-de-açúcar está em torno de 20°C, porém, a temperatura ótima é de 32°C, pois nestas condições a cultura apresenta seu máximo crescimento (BARBIERI et al., 1979).

De acordo com Casagrande (1991), a faixa ideal para o desenvolvimento da cultura situa-se entre 20°C a 35°C, enquanto que Magalhães (1987) relata que em temperaturas acima de 38°C ocorre a paralisação do crescimento vegetativo dessa espécie.

2.3 Pigmentos clorofilados

As clorofilas são os principais pigmentos cloroplastídicos que dão às plantas a sua cor verde característica e são responsáveis pela captação de radiação solar, que durante o processo fotossintético é convertida em energia química na forma de ATP e NADPH e a sua deficiência pode ser reconhecida pela coloração pálida ou clorótica da folha, ocasionando uma considerável redução na taxa fotossintética (LARCHER, 2006).

Nos organismos vegetais, a maior parte da radiação que incide na folha não é utilizada não sendo utilizada nos processos fotossintéticos. Uma parte dessa radiação é refletida e outra transmitida, e uma terceira fração é absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes. No entanto, nem todos esses fótons absorvidos pelos pigmentos são utilizados nos processos fotoquímicos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Dentre os pigmentos fotossintéticos, as clorofilas (*a* e *b*) e os carotenóides são os mais abundantes pigmentos biológicos existentes no planeta. Por sua estrutura química ser instável, as clorofilas são facilmente degradadas, resultando em produtos de decomposição que modificam a percepção e qualidade dos vegetais (STREIT et al., 2005).

As clorofilas localizam-se nos cloroplastos organelas, onde ocorre a fotossíntese, a qual possui duas reações importantes: a fotoquímica, nas membranas dos tilacóides e a bioquímica, no estroma do cloroplasto. Tais organelas, além das clorofilas, contém outros pigmentos denominados de acessórios, tais como os carotenóides (carotenos e xantofilas) (LARCHER, 2006; TAIZ & ZEIGER, 2009).

A condição elementar para ocorrência da fotossíntese é a absorção da energia radiante pelos cloroplastos, localizados nas células do mesófilo foliar, onde se encontram os receptores da radiação solar (as clorofilas), bem como os pigmentos acessórios, especializados na

absorção de luz (LARCHER, 2006). Todos os organismos fotossintéticos contêm um ou mais pigmentos orgânicos capazes de absorver a radiação visível que iniciará as reações fotoquímicas da fotossíntese. Em plantas superiores, os principais pigmentos fotossintéticos são as clorofilas *a*, *b* e os carotenóides (TAIZ; ZEIGER, 2006).

2.4Quantificação de Fenilalanina-amônia-liase (PAL) E.C4.3.1.25

A fenilalanina amônia-liase (PAL) possivelmente é a enzima mais estudada no metabolismo secundário vegetal, pois está situada em um ponto de ramificação entre o metabolismo primário e secundário e a reação que ela catalisa é uma etapa reguladora importante na formação de muitos compostos fenólicos (Taiz&Zeiger, 2004). A PAL está localizada nos cloroplastos das células vegetais, principalmente nas membranas dos tilacóides e atua na desaminação da L-fenilalanina, formando ácido trans-cinâmico e amônia.

O ácido trans-cinâmico pode ser transformado em diferentes compostos fenólicos (ácido 4-cumárico, ácido caféico, ácido ferúlico), os quais estão presentes na formação de ésteres, cumarinas, flavonóides e ligninas (Cavalcanti et al., 2006). As enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL) e polifenoloxidase estão envolvidas na rota biossintética dosfenilpropanóides, sendo que a (PAL) é produtora de compostos fenólicos como flavonóides, fitoalexinas, ligninas e derivados do ácido benzóico (Sarmaet al., 1998).

Segundo Nakazawaet al. (2001), a atividade da PAL está relacionada com a resistência de plantas a patógenos, notadamente, por estar envolvida no primeiro passo da síntese dos fenilpropanóides, com participação de fenilalanina e sua conversão em ácido-transcinâmico, catalisada pela PAL, resultando em compostos como fitoalexinas e, principalmente, lignina, que confere maior resistência à parede celular das plantas aos patógenos. O entendimento destes mecanismos de tolerância aos estresses contribui para indicar o melhor manejo visando obter maior produtividade de cultivos agrícolas como a cana-de-açúcar (KAVI KISHOR et al., 2005).

2.5Fungos Fitopatogênicos

Os fungos são considerados os principais agentes patogênicos em plantas, por serem mais ativos e terem maior habilidade de penetrar diretamente os tecidos vegetais. (Machado, 1988). O fungo *Curvularia inaequalis*(Shear) Boedijn [anamorfo], *Bull. Jard. bot. BuitenzIII*,13:129 (1933). Sinonímia: *Helminthosporiuminaequale*Shear, *Acrotheciumarenarium*F. & V. Moreauapresenta conidióforos macronematosos,

mononematosos, terminais ou laterais em hifas ou estroma, isolados ou em pequenos grupos, comprimento até 240 μ m, simples ou ramificados, direitos ou frequentemente flexuosos, ocasionalmente geniculados, septados, castanhos, lisos, célula da base dilatada ou não, célula conidiogênica politrética, integrada, intercalada e terminal, simpodial (KIM *et al.* 2000)

Os primeiros sintomas da mancha de curvularia aparecem em formas de pequenas necroses nas folhas e, partem das extremidades em direção ao colmo (MANDOKHOT & BASU CHAUDHARY, 1972). As plantas infectadas por esse patógeno apresentam sintomas como o secamento intenso da base para o ápice do colmo podendo provocar secamento de até 50%. O *dewlap* (junção da bainha com o limbo foliar) se torna quebradiço com lesões na casca do colmo invadindo a matando colmos em qualquer idade. Manchas avermelhadas nas folhas e na bainha foliar também são sintomas que podem ocorrer. Até o momento foi constatado a ocorrência da doença causando problemas severos somente na variedade CTC 10 e alguns clones, em alguns casos a soqueira atacada não tem tido boa brotação. |

2.6 Interação Planta x Patógeno

A maioria dos patógenos retira seus nutrientes do hospedeiro e utilizam no seu próprio metabolismo para desempenhar atividades vegetativas e reprodutivas. Entretanto, muitos desses nutrientes encontram-se no interior do protoplasma das células vegetais e, para ter acesso aos mesmos, o patógeno necessita vencer as barreiras físicas ou químicas do hospedeiro, bem como promover a colonização interna dos tecidos a partir do sítio de infecção (PASCHOLATI, 1995).

Normalmente, essa infecção se caracteriza pela desagregação celular e pela utilização de nutrientes. Dessa maneira, para um patógeno infectar uma planta, é necessária a penetração e colonização dos tecidos do hospedeiro, a retirada dos nutrientes necessários para sua sobrevivência, bem como a neutralização da defesa da planta. Para isso, utiliza-se de substâncias como: enzimas, toxinas e hormônios (PASCHOLATI, 1995). Para que os patógenos de plantas consigam infectá-las, primeiro precisam de sinais das plantas para induzir diferenciação e expressão de genes essenciais para a patogenicidade. (THORDAL-CHRISTENSEN, 2003).

O sucesso dos patógenos em atravessar a primeira barreira de defesa depende do grau de co-evolução da relação patógeno-hospedeiro (THORDAL-CHRISTENSEN, 2003). Os patógenos podem atravessar estas defesas de duas maneiras: pelas aberturas estomáticas presentes no caule e folhas ou mediante estruturas de penetração, como de fungos, que introduzem uma hifa especializada em perfuração através das epidermes (HOLT *et al.*, 2003).

De acordo com Mendgen et al. (1996), o início da infecção ocorre através da adesão do patógeno na cutícula e o crescimento direto de tubos germinativos na superfície das plantas. A penetração de urediniosporos, na maioria das vezes, é direta, através da cutícula e epiderme, entre as paredes anticlinais das células epidérmicas, mediante a formação de apressório. Após a penetração tem início o processo de colonização intercelular dos tecidos do hospedeiro pelo patógeno, que por meio de haustórios intracelulares retira os nutrientes no interior das células do hospedeiro (FERREIRA, 1989; BEDENDO, 1995; ALFENAS et al., 2004).

Os fitopatógenos podem utilizar enzimas para degradar a parede celular vegetal. Estas enzimas, denominadas de enzimas degradadoras da parede celular vegetal, compreendem pectinases, cutinases, celulases, xilanases e proteases. Essas enzimas podem apresentar ação tanto sinérgica como seqüencial na degradação dos substratos. A parede celular das plantas superiores é constituída de até 90 % de carboidratos e 10 % de proteínas. Apresentam celulose, hemiceluloses, substâncias pécnicas, proteínas e lignina. Entretanto, a proporção e a distribuição destes componentes são variáveis de acordo com células de diferentes tecidos, idades, condições fenológico-ambientais e mecanismos de defesa da planta hospedeira (WULFF, 2002).

A lignificação das paredes celulares também pode contribuir na restrição à colonização das plantas por fitopatógenos. Assim, paredes mais espessadas podem se tornar mais resistentes à ação de enzimas degradadoras e à difusão de toxinas provenientes dos patógenos (PASCHOLATI & LEITE, 1995; AGRIOS, 2005; SILVA et al., 2005). Além disso, a parede celular também pode inibir o crescimento do patógeno através de enzimas degradadoras da parede fúngica e da produção de fitoalexinas, produtos naturais acumulados após a infecção (PASCHOLATI & LEITE, 1995; AGRIOS, 2005).

Além dessas barreiras estruturais da planta, utilizadas na contenção do patógeno, há também barreiras químicas, resultantes do metabolismo secundário do vegetal. Entre os mecanismos de resistência bioquímicos pré- formados, destaca-se a ocorrência de glicosídeos cianogênicos e fenólicos, fenóis, alcalóides glicosídicos, lactonas insaturadas, fototoxinas, quitinases e β - 1,3 glucanases. Por outro lado, compostos como as fitoalexinas, e proteínas relacionadas à patogênese (proteínas-RP), que também fazem parte do arsenal de mecanismos de defesa, são formados após a infecção do tecido da planta (PASCHOLATI & LEITE, 1994).

3. ARTIGO1

Submetido para: *Acta Botanica Brasilica* – B1

Avaliação ecofisiológica de variedades de cana-de-açúcar

Ecophysiological evaluation of sugarcane varieties

João Paulo Silva Sousa¹; Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Júnior²

1 - Engenheiro Agrônomo, mestrando em agroecossistemas - jotape900@gmail.com

2 - Prof^o Dr. do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe - lfg.ufs@gmail.com

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar fisiologicamente quatro das mais promissoras variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) da RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético). As trocas gasosas, a fluorescência, o teor de clorofila e a biometria das variedades de cana-de-açúcar RB 872552, RB 962962, RB 98710, RB 92579 foram avaliadas em vasos mantidos em casa de vegetação sob condições controladas. As medições de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* foram realizadas utilizando um IRGA da Li-cor modelo Li 6400xt. As medições de trocas gasosas foram realizadas às 8:00 horas da manhã utilizando os parâmetros: assimilação fotossintética de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de Carbono (C_i) e transpiração (E) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar}). As medições de fluorescência

foram realizadas às 9:00 horas sendo utilizadas afluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v), razão entre as fluorescências variável e máxima (F_v/F_m), quenching fotoquímico (qP) e quenching não-fotoquímico (qN). Quanto ao teor de clorofila a , b e total as avaliações foram realizadas ao termino das outras análises. a variedade RB 872552 e a RB 98710 foram as que alcançaram maiores valores. A quantidade de perfilhos da touceira (PT), altura útil (AU), diâmetro de colmo (DC), número de nós (NN) e número de folhas (NF) presentes no colmo de maior diâmetro da touceira, área foliar da planta principal (AFP) e área foliar perfilhos (AFPE) foram medidas com o auxílio do medidor de área foliar da Li-cor modelo 3100, trena e paquímetro. Os resultados das trocas gasosas, teor de clorofila e biometria apresentaram diferença, já no parâmetro fluorescência da clorofila a , os resultados não diferiram, indicando um equilíbrio das suas capacidades. A variedade RB 98710 se destacou das demais por apresentar maior área foliar e maior capacidade média dos parâmetros ecofisiológicos aos 150 dias após o transplântio das mudas.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*; eficiência fotoquímica; biometria; trocas gasosas; RIDESA;

Abstract

This study aimed to evaluate physiologically four of the most promising varieties of cane sugar RIDESA. Gas exchange, fluorescence, chlorophyll content and biometry of varieties of sugarcane (*Saccharum officinarum*) RB872552, RB962962, RB98710, RB92,579 were assessed under controlled conditions in pots, maintained in a greenhouse. Measurements of gas exchange were made at 8:00 am using the following parameters: photosynthetic CO_2 assimilation (A), stomatal conductance (G_s), the internal concentration of carbon (C_i) and transpiration (E) and vapor pressure deficit between the leaf and the air ($DPV_{leaf-air}$), where (A) and (E) differ statistically presenting the range 98 710 RB with higher values for (A). Fluorescence measurements were carried out at 9:00 am and used the initial fluorescence (F_o), maximum (F_m), variable (F_v), the ratio between variable

and maximum fluorescence (F_v/F_m), photochemical quenching (q_P) and quenching non-photochemical quenching (q_N), these variables did not differ significantly, indicating a balance of their abilities. As for the content of chlorophylla, b and total variety RB and RB98,710872,552 were the highest values that proved unexpectedly strong. The number of tillers of the stump (PT), useful height (AU), stem diameter (DC), number of nodes (NN) and leaf number (NF) in stem of larger diameter of the stump, the main plant leaf area (AFP) tiller and leaf area (AFPE) differ statistically. Since the RB98710 stood out from the others due to its greater leaf area and better ecophysiological parameters at 150 days after transplanting the seedlings.

Keywords: *Saccharum officinarum*; photochemical efficiency; biometrics; gas exchange; RIDESA;

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* spp.), pertencente à família Poaceae, é uma espécie vegetal produtora de açúcar que cresce bem em regiões tropicais e subtropicais (Chamum, 2009).

O cenário econômico atual é de grande expectativa de crescimento da agroindústria para produção de biocombustível (etanol), a partir da cana-de-açúcar. Esta crescente demanda mostra a grande necessidade do desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar mais produtivas. Para alcançar estas metas, o melhoramento genético tem sido uma peça fundamental que permitirá a agroindústria brasileira enfrentar estes desafios da crescente demanda por açúcar e álcool, nos próximos anos CONAB (2011).

Segundo Campostrini et al. (2010), o estudo dos processos fisiológicos apresentam-se como uma ferramenta de grande potencial para compreender os efeitos relacionados aos fatores do ambiente sobre as plantas, indicando ausência ou presença de comprometimento no processo fotossintético. Assim, os pigmentos fotossintéticos, por apresentar estrutura química

instável, são facilmente degradados, podendo modificar a percepção e qualidade dos vegetais (Streitet al., 2005).

O metabolismo fotossintético C4 como a cana-de-açúcar é caracterizado por uma série de adaptações anatômicas e bioquímicas capazes de concentrar CO₂ ao redor do sítio de carboxilação da rubisco (Von CaemmererandFurbank, 2003), apresentando aumento na eficiência do uso da água e do uso de nutrientes (Von CaemmererandFurbank, 2003; Sage, 2004).

A interação da planta com o ambiente determina a produção das culturas, e a produção da matéria seca está diretamente relacionada com a interceptação da radiação solar, em que ocorre a transformação em energia química através da fotossíntese (TERUEL et al., 1997). O crescimento e o desenvolvimento das plantas estão relacionados com os fatores climáticos ocorridos durante o estágio de desenvolvimento, sendo a temperatura do ar um dos fatores mais importantes (SINCLAIR et al., 2004). As análises biométricas são realizadas a fim de mensurar esse desenvolvimento do vegetal.

Neste contexto, as variedades RB desenvolvidas pela RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético) apresentam alto potencial de expansão e aumento de produtividade para a região nordeste brasileira (Ridesa, 2010). Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar biométrica e fisiologicamente quatro das mais promissoras cultivares de cana-de-açúcar da variedade RB.

Metodologia

O Experimento foi conduzido em casa de vegetação climatizada, situada no Campus da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão-SE. Foram utilizadas plântulas de cana-de-açúcar das variedades RB 872552, RB 92579, RB 962962, RB 98710, desenvolvidos pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro(RIDESA). Após 45 dias, as plântulas mais uniformes foram transplantadas para vasos de 18 L de

polipropileno e continuaram mantidas em casa de vegetação climatizada sob condições de iluminação natural durante 5 meses (de novembro de 2011 a abril de 2012). Essas variedades foram selecionadas por serem as quatro variedades da RIDESA, com alto potencial de incremento de produção e expansão no nordeste brasileiro.

O solo usado foi coletado no campus experimental da UFS (latitude 11°00' S e longitude 37° 12' W), a uma profundidade de até 0,20 m no perfil do solo, e classificado como Argissolo. Após a coleta do solo, realizou-se a caracterização química do solo no laboratório do Instituto de Tecnologia e Pesquisa do Estado de Sergipe (ITPS). Os valores encontrados foram: Matéria Orgânica 16,5 g/dm³, Hidrogênio + Alumínio 3,08 cmol_c/dm³, Potássio 44,2 ppm, Fósforo 3,00 ppm, Soma de bases trocáveis 2,71 cmol_c/dm³, capacidade de troca catiônica (CTC) 5,79 cmol_c/dm³, Saturação por base (V) 46,8 %, pH 5,09 e Al⁺³ 0,52 cmol_c/dm³.

Com auxílio dos resultados da análise de solo foi realizada a correção da acidez, usando-se uma tonelada de calcário dolomítico (PRNT de 75 %) por hectare. O suprimento de macro e micronutrientes foi determinado pelo estande das plantas por hectare, sendo considerado 1,3 plantas por metro linear, utilizando-se 60 kg/ha de N, 150 kg/ha de P₂O₅ e 90 kg/ha K₂O, os valores foram readequados para uma planta por vaso.

Durante o período experimental as condições ambientais no interior da casa de vegetação, representadas pela temperatura média e umidade relativa média do ar, medidas diariamente com termohigrógrafo, foram 29°C ± 4,5°C e 60% ± 10,5%, respectivamente.

As medições de trocas gasosas foram realizadas utilizando-se de um analisador de gás infravermelho IRGA (LI-COR Nebraska, USA) modelo LI-6400xt, com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹ e fonte de luz acoplada de 1500 μmol m⁻² s⁻¹ sendo feitas em folhas +1 maduras completamente expandidas. A folha +1 é caracterizada por ser a folha mais jovem a apresentar lígula visível e estar completamente expandida, sendo comumente utilizada como folha referência para análises fisiológicas. As medições ocorreram às 8:00 horas, com

umidade relativa e temperatura do ar do ambiente. Os dados obtidos de trocas gasosas foram: assimilação fotossintética de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar}) e concentração interna de carbono (C_i).

As medições de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas às 9:00 horas sendo variáveis utilizadas a fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v), razão entre as fluorescências variável e máxima (F_v/F_m), quenching fotoquímico (qP) e quenching não-fotoquímico (qN). As medidas de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas pelo método do pulso saturado (Maxwell e Johnson, 2000), utilizando a nomenclatura recomendada por Baker and Rosenqvist (2004), sendo feitas em folhas maduras completamente expandidas (folha +1) com o sistema portátil de medição de fotossíntese modelo LI-6400XP, equipado com a câmara modelo LI-6400-40XP (Leaf chamber fluorometer, LI-COR Inc.). Para as medições de trocas gasosas não foi necessário nenhum cuidado preparatório para a análise, enquanto que para as medidas de fluorescência, em cada medição, um clipe foliar foi colocado na folha por 30 minutos antes do início das leituras de fluorescência, para que a área de medição na folha permanecesse no escuro e ocorresse a oxidação de todo centro de reação.

Para a determinação de clorofilas *a*, *b* e total foi utilizado um método não destrutivo, através do medidor de clorofila Clorofilog (Falker) que permite leituras instantâneas do teor relativo de clorofila na folha. As medições foram realizadas nos intervalos das outras análises, sendo feitas na porção mediana da folha +1.

Os parâmetros biométricos foram realizados aos 150 dias de transplante em todas as plantas: a altura do colmo (AP) foi mensurada a partir do colo até o primeiro *dewlap* visível da planta principal; o diâmetro do colmo (DC) foi avaliado logo acima do colo da planta principal com auxílio de um paquímetro digital; o número de folhas (NF) foi determinado pela contagem das folhas expandidas da planta principal, iniciando da folha +1 e decrescendo até a última folha que apresentava no mínimo 80% do limbo foliar verde. A área foliar da

planta principal (AF) foi determinada usando um medidor de área foliar portátil (modelo LI-3000 LI-COR.inc), iniciando da folha +1 e seguindo de forma crescente até as folhas que apresentassem no mínimo 80% do limbo foliar verde.

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos (variedades de cana-de-açúcar: RB 872552, RB 92579, RB 962962, RB 98710) e quatro repetições, sendo a parcela útil constituída por uma planta por vaso. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias separadas por teste de Tukey a 5 % de probabilidade com o programa estatístico SISVAR® versão 4.3 (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

A clorofila *a* esteve presente em concentrações maiores nas plantas, próximo a proporção de 3:1 com relação à clorofila *b*, mostrando que as variedades estavam em condições normais quanto aos teores deste pigmento (Tabela 1) (Taiz; Zeiger, 2009), exercendo assim, maior atuação na captação de energia luminosa quando comparado com a clorofila *b*, sendo esta última definida como pigmento acessório. A variedade RB 872552 apresentou a maior média de Chl*a* (32,00). As médias de Chl*b* apresentaram a mesma tendência apresentado pela Chl *a*, assim como a Chl Total e a Chl*a/b*. Os valores apresentados pela relação chl*a*/chl*b* acima de 3 caracterizam bem essas plantas como plantas de metabolismo C₄ (Larcher, 2006).

TABELA 1: Valores médios de Clorofila a (Chl *a*), Clorofila b (Chl *b*), Clorofila Total (Chl T) e relação (Chl*a/b*) de quatro variedades de cana-de-açúcar em condições de ambiente protegido. São Cristóvão (SE), 2012.

VARIETADES	VARIÁVEIS			
	Chla	Chlb	Chl T	Chla/ Chlb
RB 872552	32,00 a	10,00 a	42,00 a	3,3 a
RB 92579	30,08 ab	9,45 a	39,53 b	3,18 a
RB 962962	30,93 ab	9,05 ab	39,98 ab	3,41 a
RB 98710	30,07 ab	9,10 ab	39,17 b	3,30 a
CV (%)	7,82	16,66	10,73	9,27

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A fluorescência da clorofila *a* é usada no monitoramento do processo fotossintético, para se obter informações sobre a inibição, danos na transferência de elétrons no fotossistema II (FSII) (Zhao et al., 2011) ou para detectar perturbações no sistema fotossintético (Baker and Rosenqvist, 2004). Quanto aos parâmetros analisados (tabela 2) não se verificou diferenças significativas para fluorescência da clorofila *a*, indicando paridade e bom funcionamento entre as variedades estudadas. A eficiência fotoquímica máxima do FSII apresentou valores que variaram entre 0,755 a 0,765, sugerindo que as plantas encontravam-se em condições de igualdade e com bom funcionamento do aparato fotossintético, pois, de acordo com Bolhàr-Nordenkamp et al. (1989) quando a planta está com seu aparelho fotossintético intacto, a razão F_v/F_m deve variar entre 0,75 e 0,85 enquanto que uma queda nesta razão reflete a presença de dano fotoinibitório nos centros de reação do FSII. Valores semelhantes também foram encontrados por Gonçalves et al. (2010) com 0,76 e 0,78 para as variedades de cana-de-açúcar RB92579 e RB 98710, respectivamente.

TABELA 2: Valores médios de eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv/Fm), fluorescência inicial (F0), fluorescência variável (Fv), fluorescência máxima (Fm), quenching fotoquímico (qP), quenching não-fotoquímico (qN) de quatro variedades de cana-de-açúcar em condições de ambiente protegido. São Cristóvão (SE), 2012.

VARIÁVEIS						
VARIÉDADES	Fv/Fm	Fo	Fm	Fv	qP	qN
RB 872552	0,755 a	465,285 a	1864,855 a	1408,143 a	0,96 a	0,04 a
RB 92579	0,765 a	425,050 a	1712,468 a	1319,120 a	0,99 a	0,02 a
RB 962962	0,762 a	455,735 a	1933,667 a	1273,133 a	0,97 a	0,04 a
RB 98710	0,757 a	418,245 a	1683,383 a	1265,135 a	0,98 a	0,04 a
CV (%)	1,29	8,39	9,62	16,76	0,72	14,14

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A fluorescência inicial Fo apresentou valores que variaram entre 465,285 mol m⁻² s⁻¹ para a variedade RB 872552 e 418,245 mol m⁻² s⁻¹ para a variedade RB 98710. Fo é a fluorescência quando QA (quinona receptora primária de elétrons do FSII) está totalmente oxidada e o centro de reação do FSII está aberto em função da exposição a baixa intensidade luminosa (0,1 μmol m⁻² s⁻¹). Os valores encontrados para estas variedades estão abaixo dos citados por Gonçalves et al. (2005), que ficaram por volta de 500 para plantas saudáveis, e acima dos encontrados por Zhang et al. (2000) em seu trabalho com populações segregantes de cana-de-açúcar que alcançou 211 para a combinação (CP67-412 x Ya73-512) indicando que as variedades deste trabalho não estiveram sob estresse. Assim, a não variação de Fo entre

as variedades indicam equilíbrio (Angelopoulos et al., 1999), pois o aumento de F_o é indicativa de degradação do centro de reação do PSII ou a diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação do complexo antena para o centro de reação, quando os valores estão altos (Baker e Rosenqvist, 2004), como os encontrados por Gonçalves et al. (2005) para plantas sob estresse que apresentaram valores acima de 550.

Os valores de fluorescência máxima (F_m) alcançaram até 1.933,667, sendo menores que os apresentados por Gonçalves e Santos Junior (2005) (2.500). Durães et al. (2000), trabalhando com 4 genótipos de milho, os valores alcançaram 1.720, 1.763, 1.783 e 1.689, sendo esses semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Os valores apresentados pelas variedades RB não diferiram estatisticamente, mostrando que a capacidade de fluorescência máxima de todos os genótipos está equiparada. Essa redução em F_m não afetou os valores de q_P entre 0,96 a 0,99 e q_N entre 0,02 e 0,04, pois a fluorescência máxima é obtida quando todos os centros de reação do PSII estão oxidados e adaptados ao escuro, sendo $q_P = 1$ e $q_N = 0$.

Os dados deste trabalho referentes a q_P estão de acordo com Cassol et al. (2008), que encontraram valores semelhantes (entre 0,9 e 1), indicando uma boa condução e livre de estresse durante o cultivo experimental, e por Campos et al. (2009) que encontrou médias de q_N entre 0,15 - 0,20 para variedades de cana-de-açúcar.

A fluorescência variável (F_v) alcançou valores entre 1.265,135 e 1.408,143 para as variedades estudadas. Esta é uma das respostas mais importantes na planta, em se tratando de fluorescência, pois quanto maior a F_v maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons excitados e maior será a capacidade da planta em transferir essa energia para a formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (F_{dr}) e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO_2 na fase bioquímica da fotossíntese (Baker, 2008). No presente trabalho pôde-se verificar valores superiores aos encontrados por Durães et al.

(2000), para 4 genótipos de milho (1316, 1265, 1234 e 1354) e inferiores aos encontrados por Gonçalves et al.(2005) na variedade SP71-6163 com valores de (2.000)

Outra forma de validar o bom funcionamento das plantas é por meio da medição das trocas gasosas (Tabela 2), pois este processo consiste na conversão de energia e acúmulo de biomassa (Wanderley Filho, 2011).

TABELA 3: Valores médios de Assimilação fotossintética de CO₂ (A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Concentração interna de carbono (Ci - mmol m^{-2}), transpiração (E - $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar}) de quatro variedades de cana-de-açúcar em condições de ambiente protegido. São Cristóvão (SE), 2012.

VARIEDADES	Parâmetros				
	A	g _s	Ci	E	DPV _{folha-ar}
RB 872552	20,12 ab	0,17 a	114,75 a	3,44 a	2,18 a
RB 92579	19,48 ab	0,16 a	111,20 a	3,44 a	2,08 a
RB 962962	18,23 b	0,15 a	110,75 a	2,65 b	2,28 a
RB 98710	22,20 a	0,14 a	121,56 a	2,67 ab	2,10 a
CV (%)	8,95	25,23	7,33	12,05	4.87

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A assimilação fotossintética de CO₂ (A) da variedade RB 98710 foi maior que o da variedade RB 962962. Gonçalves et al., (2010) também trabalhando com a variedade RB 98710 encontrou valores bem próximos ao deste trabalho com 22 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Nesse mesmo trabalho, as médias da variedade RB 92579 também ficaram muito próximas, por volta de 20

$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Todas as variedades mostraram-se eficientes, em relação a assimilação fotossintética de CO_2 , e não diferiram significativamente quanto a condutância estomática (g_s), Gonçalves (2010) também encontrou valores de condutância estomática bem próximos para as variedades RB 92579 e RB 98710 com 0,16 e 0,17 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, demonstrando uniformidade do material utilizado. Pode-se inferir que, níveis ótimos de G_s e A indicam um vegetal capaz de demonstrar seu potencial produtivo, sempre levando em consideração a sua genética e as condições locais.

A concentração interna de carbono (C_i), assim como (G_s) não diferiu estatisticamente, com valores entre 110,75 e 121,56 mmol m^2 . Estes Valores foram inferiores aos encontrados por Faria, et al. (2012) com média de 190,79 mmol m^2 , e ligeiramente superior aos encontrados por Wanderley Filho(2011) (100 mmol m^2). Esses resultados possibilitam às plantas uma boa eficiência de carboxilação, sendo possível manter o conteúdo de CO_2 na câmara subestomática próximo à concentração no ar, resultando em estômatos mais abertos (Wanderley Filho, 2011).

Muito embora as variedades RB 872552 e RB 92579 tenham apresentado maior transpiração (E) (3,44 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para ambas variedades), a transpiração não impôs efeito sobre a condutância estomática (Tabela 3), indicando maior eficiência da planta. Esses dados também foram encontrados para as variedades RB 92579 e RB 98710 por Gonçalves et al. (2010).

O déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ($DPV_{\text{folha-ar}}$) não foi afetado nas variedades. No trabalho de Silva et al. (2012), com a variedade RB 92579 em estágio de cana-soca, encontrou-se valores médios no período de 126 a 156 dias após o corte de 2,07 kPa.

TABELA 4: Valores médios de quantidade de perfilhos da touceira (PT), altura útil (AU), diâmetro de colmo (DC), número de nós (NN), número de folhas (NF), área foliar da planta

principal (AFP) e área foliar de perfilhos presentes no colmo de maior diâmetro da touceira (AFPE) de quatro variedades de cana-de-açúcar em condições de ambiente protegido.

Parâmetros							
VARIETADES	PT(cm)	NN (n°)	AU (cm)	DC (n°)	NF (n°)	AFP (cm²)	AFPE (cm²)
RB 872552	2,00 bc	10,00 b	98,75 ab	7 b	8,25 a	6966,35 a	1238,16 c
RB 92579	4,75 a	9,25 b	72,72 c	7,75 a	8 a	2857,42 b	2707,98 bc
RB 962962	3,50 ab	13,00 a	111,25 a	7 b	7 b	4445,20 b	4340,29 b
RB 98710	1,50 c	9,75 b	82,00 bc	7 b	8,25 a	7586,80 a	6153,55 a
CV (%)	29,07	6,45	10,21	2,01	4,49	21,77	23,67

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A variedade RB 98710 apresentou a menor taxa de perfilho, número de nós, altura útil e diâmetro do colmo(Tabela 4).Contudo, para os parâmetros NF, AFP e AFPE, essa variedade apresentou os maiores valores, demonstrando uma grande aptidão da variedade para produzir biomassa, que associada a suas capacidades fisiológicas, principalmente assimilação fotossintética de CO₂ (A) (Tabela 2), faz dela uma variedade superior.

A variedade RB 92579 apresentou o maior (PT),maior (DC) e menor AFP e AFPE quando comparada as demais variedades estudadas nesse trabalho. A baixa área foliar desta variedade neste período se deve a alta concentração de perfilhos, que levou a maior competição por água e nutrientes.Contudo, existindo equilíbrio entre AFP e AFPE que indicam boa formação de touceira.

Conclusão

Todas as variedades avaliadas no período de 150 dias apresentaram desempenho padrão para variedades elite de cana-de-açúcar.

A variedade RB 98710 apresentou parâmetros ecofisiológicos superiores e maior capacidade de produção de biomassa.

Revisão Bibliográfica

ANGELOPOULOS, K.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. **Journal of Experimental Botany**, Palo Alto, v. 50, 601-639, 1999.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n.º.403, p. 1607–1621, 2004.

BAKER, R. N. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2008. 59:89–113 *The Annual Review of Plant Biology* online at plant.annualreviews.org

BILGER, W.; BJÖRKMAN, O. **Photosynthesis Research**.25: 173. 1990.

CAMPOS, W.F. ; VITÓRIA, A.P.; SOUZA FILHO, G.A. Estresse salino afeta as trocas gasosas de dois genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.). In: 5 Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2009, Guarapari. 5 Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2009. p. 192-196.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; ÖQUIST, G.; SCHREIDER, U.; LECHNER E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

CAMPOSTRINI, E. ; REIS, F. de O. ; SOUZA, M. A.de ; YAMANISHI, O. K.. Processed-kaolin particle film on papaya leaves: a study related to gas exchange, leaf temperature and light distribution in canopy. *ActaHorticulturae*, v. 864, p. 195-200, 2010.

CASSOL, D.; SILVA, F. S. P.; FALQUETO, A. R.; BACARIN, M. A. An evaluation of non-destructive methods to estimate total chlorophyll content. **Photosynthetica**, v. 46, p. 634-636, 2008.

CASTRO, P.R. de C. e ; Kluge, R.A.; SESTARI, I. Manual de Fisiologia Vegetal: Fisiologia de Cultivos. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. 864 p.

CHA-UM, S. & KIRDMANEE, C. Proline Accumulation, Photosynthetic Abilities and Growth Characters of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Plantlets in Response to Iso-Osmotic Salt and Water-Deficit Stress. **Agricultural Sciences**, in China, vol.8, n.1, p. 51-58, 2009.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento (2011). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar segundo levantamento de agosto de 2011**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1028&t>. Outubro de 2010.

DURÃES, F. O. M. ; OLIVEIRA, A. C. ; MAGALHÃES, P. C. ; MARTINEZ, C. A. . Detecção de condições de estresse em plantas e potencial para "screening" em milho através da fluorescência da clorofila.. Documentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil, p. 510-516, 2000.

FARIA, A.T; SARAIVA, D.T.; SILVEIRA, P.R.; SILVA, G.S.; SOUZA, W.N. **Ação de herbicidas sobre características fisiológicas da cana-de-açúcar causadas por herbicidas em pre-emergência**. XXVIII CBCPD, 3 a 6 de setembro de 2012, Campo Grande, MS / Área 2 - Fisiologia e metabolismo de herbicidas.

GLYNN, P.; FRASER, C.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture**, Urbana, v.29, p.61-65, 2003.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, JOSÉ V.; LAURÍCIO ENDRES; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, n.4, p.378-386, 2010.

GONÇALVES, J.F.C.; SANTOS JUNIOR, U.M. Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.17, p. 307-313, 2005.

GONÇALVES, M. C.; VEGA, J.; OLIVEIRA, J. G.; GOMES, M. M. A. *Sugarcane yellow leaf virus* infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, p.10-16. 2005.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Boca Raton, v.42, p.313-349, 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: Rima artes, 2006. 531 p.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence – A practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MORAIS, R. R. et al. Chloroplastid pigment contents and chlorophyll *a* fluorescence in amazonian tropical three species. **R. Árvore**, v. 31, n. 5, p. 959-966, 2007.

PRIORI, L.D.; EAMUS, D.; BOWNAN, D.M.J.S. Leaf attributes in the seasonally dry tropics: a comparison of four habitats in northern Austrian. **Functional Ecology**, v. 1, n. 17, p. 504-515, 2003.

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

RIBEIRO, R.V.; SOUZA, G.M.; OLIVEIRA, R.F. & MACHADO, E.C. 2005. Photosynthetic responses of tropical tree species from different successional groups under contrasting irradiance conditions. **Revista Brasileira de Botânica** 28: 149-161.

SAGE, R.F. The evolution of C4 photosynthesis. **New Phytologist**, v.161, p.341-370, 2004.

SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B.; CARMO, J. F. A.; RIBEIRO, A. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.8, p.849–858, 2012.

SCHLEMMER, M. R.; FRANCIS, D. D.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal*, v. 97, p. 106-112, 2005.

STREIT, M.N. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000300043&script=sci_arttext>.

Acesso em: 16 dez. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782005000300043.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009, 843 p.

VON CAEMMERER, S.; FURBANK, R.T. The C4 pathway: an efficient CO2 pump. **Photosynthesis Research**, v.77, p.191-207, 2003.

WANDERLEY FILHO, H. C. DE L. Uso de Bioestimulantes e enraizadores no crescimento inicial e tolerância à seca em cana-de-açúcar. 46 fls. Dissertação (mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2011.

ZHAO, D., GLYNN, N. C., GLAZ, B., COMSTOCK, J. C., AND SOOD, S. Orange rust effects on leaf photosynthesis and related characters of sugarcane. **Plant Disease**, V.95, nº 6, p.640-647, 2011.

ZHANG, M.; CHEN, R.; LUO, J.; LU, J. XU, J. **Analyses for inheritance and combining ability of photochemical activities measured by chlorophyll fluorescence in the segregating generation of sugarcane**. *FieldsCropsResearch* 65 (2000) 31-3

4. ARTIGO 2

Pretenção de Submissão para: *Journal of Plant Physiology A1*

Influência da mancha de curvularia em parâmetros biométricos, metabólicos e fisiológicos em variedades decana-de-açúcar **Influence of Curvularia leaf spot on sugarcane**

João Paulo Silva Sousa¹; Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Júnior²;

1 - Engenheiro Agrônomo, mestrando em agroecossistemas - jotape900@gmail.com

2 - Prof^o Dr. do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe - lfq.ufs@gmail.com

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar biométrica, metabólica e fisiologicamente quatro das mais promissoras variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) da RIDESA sob a influência do fungo curvularia inaequalis, agente causal da mancha de curvularia. As trocas gasosas, a fluorescência, o teor de clorofila e a biometria das variedades de cana-de-açúcar RB 872552, RB 962962, RB 98710 e RB 92579 foram avaliadas sob condição controlada, em vasos, mantidas em casa de vegetação. As medições de trocas gasosas foram realizadas às 8:00 horas da manhã utilizando os parâmetros: Assimilação fotossintética de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de Carbono (C_i) e transpiração (E) e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar}). As medições de fluorescência foram realizadas às 9:00 horas sendo utilizadas a fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v), razão entre as fluorescências variável e máxima (F_v/F_m),

quenching fotoquímico (qP) e quenching não-fotoquímico (qN). Para o tratamento controle, apenas (Ci) apresentou diferença com RB 92579 e 872552 com os valores mais elevados. Já para o tratamento inoculado, todas as variáveis diferiram apresentando as variedades RB 92579 e 98710 com valores elevados para (A), RB 98710 para (Gs), RB 962962 no (Ci), RB 92579 em (E) e RB 92579, 872552 e 962962 para (DPV). Para o tratamento controle, nenhuma das variáveis apresentou diferença, enquanto em relação ao tratamento inoculado, a variedade RB 872552 e RB 962962 com valores elevados para Fo, RB 92579 e 98710 destaques para (Fm e Fv) e RB 92759 e 96296. Quanto ao teor de clorofila *a*, *b* e total, não houve diferença estatística, estando sob esse parâmetro, às variedades equilibradas. A quantidade de perfilhos da touceira (PT), altura útil (AU), diâmetro de colmo (DC), número de nós (NN) e número de folhas (NF) presentes no colmo de maior diâmetro da touceira, área foliar da planta principal (AFP) e área foliar perfilhos (AFPE) diferiram estatisticamente, sendo as variedades RB 92579 e 98710 as de resultados superiores. A análise da enzima PAL revelou um aumento significativo nas variedades RB 872552 e 962962, indicando que foram infectadas pelo fungo *Curvularia inaequalis*. Conclui-se que em condições ótimas, as variedades em geral tiveram tendências iguais aos 240 dias após do transplante, enquanto que sob a influência do fungo *Curvularia inaequalis*, as variedades RB 92579 e 98710 não apresentaram sintomas e as variedades RB 872552 e 962962 apresentaram sintomas.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*; eficiência fotoquímica; biometria; trocas gasosas; RIDESA;

Abstract

This study aimed to evaluate evaluate biometric, metabolic and physiological four of the most promising varieties of cane sugar RIDESA under the influence of the fungus *Curvularia inaequalis*, the causal agent of spot *Curvularia*. Gas exchange, fluorescence, chlorophyll content and biometry of varieties of sugar cane (*Saccharum officinarum*) RB 872552, RB

962962, RB 98710 and RB 92579 were assessed under controlled conditions in pots, maintained in a greenhouse. Measurements of gas exchange were made at 8:00 am using the following parameters: photosynthetic CO₂ assimilation (A), stomatal conductance (Gs), the internal concentration of carbon (Ci) and transpiration (E) and vapor pressure deficit between leaf and air (DPV_{air-leaf}), for the control treatment, only (Ci) showed statistical difference with RB 92579 and 872552 with the highest values. For the treatment inoculated variables all differed statistically presenting RB 92579 and 98,710 varieties with higher values for (A) to 98710 RB (Gs) 962962 RB in (Ci), RB 92579 in (E) and RB 92579, 872552 and 962962 for (DPV). Fluorescence measurements were carried out at 9:00 am and used the initial fluorescence (Fo), maximum (Fm), variable (Fv), the ratio between variable and maximum fluorescence (Fv / Fm), photochemical quenching (qP) and quenching non-photochemical quenching (qN) for the control treatment, none of the variables differed statistically, as compared to treatment inoculated, the variety RB 962962 with the highest values (Fo), RB 92579 and 98710 for highlights (Fm and Fv) and RB 92759 and 962962 as the best and worst results (Fv / Fm), respectively. As for the content of chlorophyll a, b and total no statistical difference, being under this parameter, the varieties balanced. The number of tillers of the stump (PT), useful height (AU), stem diameter (DC), number of nodes (NN) and leaf number (NF) in stem of larger diameter of the stump, the main plant leaf area (AFP) tiller and leaf area (AFPE) differed significantly, with the varieties RB 92579 and 98710 of the superior results. The PAL enzyme analysis revealed a significant increase in varieties RB 872 552 and 962 962, indicating that they were infected by the fungus *Curvularia inaequalis*. We conclude that under optimal conditions, the varieties in the same general trends were 240 days after transplanting, already under the influence of the fungus *Curvularia inaequalis*, varieties RB 92579 and 98710 were completely resistant varieties and RB 872 552 and 962 962 were resistant.

Keywords: *Saccharum officinarum*; photochemical efficiency; biometrics; gas exchange; RIDESA;

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* spp.), pertencente à família Poaceae, é uma espécie vegetal produtora de açúcar que cresce bem em regiões tropicais e subtropicais (Cham, 2009). O cenário econômico atual é de grande expectativa de crescimento da agroindústria para produção de biocombustível (etanol), a partir da cana-de-açúcar. Esta crescente demanda mostra a grande necessidade do desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar mais produtivas. Para alcançar estas metas, o melhoramento genético tem sido uma peça fundamental que permitirá a agroindústria brasileira enfrentar estes desafios da crescente demanda por açúcar e álcool, nos próximos anos. Contudo, existe uma ampla variedade de fatores que promovem redução da produtividade desta cultura.

Entre os fatores abióticos e bióticos mais importantes para a região nordeste estão a deficiência hídrica e as doenças. O conhecimento das interações e magnitude desses fatores é fundamental para a seleção de cultivares mais adaptadas e produtivas. Segundo Campostriniet al. (2010), os estudos dos processos fisiológicos apresentam-se como uma ferramenta de grande potencial nos estudos relacionados aos efeitos dos fatores bióticos sobre as plantas, indicando ausência ou presença de comprometimento no processo fotossintético, sendo eles essenciais na pesquisa de estresses vegetais. A mancha da curvularia é uma doença recém detectada na cana-de-açúcar no Brasil causada pelo fungo *Curvularia inaequalis*. Essa doença mostrou-se severa, causando danos ao cultivo de cana-de-açúcar.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar biométrica, metabólica e fisiologicamente quatro das mais promissoras cultivares de cana-de-açúcar da variedade RB sob a influência do fungo *Curvularia inaequalis*.

Materiais e métodos

O Experimento foi conduzido em estufa climatizada localizada no campus da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Foram utilizadas plântulas de cana-de-açúcar das variedades RB 872552, RB 92579, RB 962962, RB 98710 desenvolvidos pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA). Após 45 dias, as plântulas mais uniformes foram transplantadas para vasos de 18 L de polipropileno e foram mantidas em casa de vegetação climatizada sob condições de iluminação natural durante oito meses (de novembro de 2011 a agosto de 2012). Essas variedades foram selecionadas por serem quatro das grandes variedades da RIDESA, com alto potencial de incremento de produção e expansão no nordeste brasileiro.

O solo usado foi coletado no campus experimental da UFS, localizado no povoado timbó município de São Cristóvão-SE (latitude 11°00' S e longitude 37° 12'W), em uma profundidade de até 0,20 m no perfil do solo, sendo classificado como Argissolo. Após a coleta do solo, realizou-se a caracterização química junto ao laboratório do Instituto de Tecnologia e Pesquisa do Estado de Sergipe (ITPS). Os valores encontrados foram: Matéria orgânica 16,5 g/dm³, Hidrogênio + Alumínio 3,08 cmol_c/dm³, Potássio 44,2 ppm, Fósforo 3,00 ppm, Soma de bases trocáveis 2,71 cmol_c/dm³, capacidade de troca catiônica (CTC) 5,79 cmol_c/dm³, Saturação por base (V) 46,8 %, pH 5,09 e Al⁺³ 0,52 cmol_c/dm³.

Com auxílio dos resultados da análise de solo foi realizada a correção da acidez, usando-se uma tonelada de calcário dolomítico (PRNT de 75 %) por hectare. O suprimento de macro e micronutrientes foi determinado pelo estande das plantas por hectare, sendo considerado 1,3 plantas por metro linear, utilizando-se 60 kg/ha de N, 150kg/ha de P₂O₅ e 90 kg/ha K₂O, os valores foram readequados para uma planta por vaso.

Durante o período experimental, as temperaturas e umidade relativa do ar foram 29°C ± 4,5°C e 60% ± 10,5%, respectivamente.

As medições de trocas gasosas foram obtidas utilizando-se um analisador de gás a infravermelho IRGA (LI-COR Nebraska, USA) modelo LI-6400xt, com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹ e fonte de luz acoplada de 1500 μmol m⁻² s⁻¹ sendo feitas em folhas +1 maduras completamente expandidas. A folha +1 é caracterizada por ser a folha mais jovem a apresentar lígula visível e estar completamente expandida, sendo comumente utilizada como folha referência para análises fisiológicas. As medições ocorreram às 8:00 horas, com umidade relativa e temperatura do ar do ambiente. Os dados obtidos de trocas gasosas foram: assimilação fotossintética de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar}) e concentração interna de carbono (C_i).

As medições de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas às 9:00 horas sendo variáveis utilizadas a fluorescência inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v), razão entre as fluorescências variável e máxima (F_v/F_m), quenching fotoquímico (qP) e quenching não-fotoquímico (qN). As medidas de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas pelo método do pulso saturado (Maxwell; Johnson, 2000), utilizando a nomenclatura recomendada por Baker and Rosenqvist (2004), sendo feitas em folhas maduras completamente expandidas (folha +1) com o sistema portátil de medição de fotossíntese modelo LI-6400XP, equipado com a câmara modelo LI-6400-40XP (Leaf chamber fluorometer, LI-COR Inc.). Para as medições de trocas gasosas não foi necessário nenhum cuidado preparatório para a análise. Para as medidas de fluorescência, em cada medição, um clipe foliar foi colocado na folha por 30 minutos antes do início das leituras de fluorescência, para que a área de medição na folha permanecesse no escuro e ocorresse a oxidação de todo centro de reação.

Para a determinação de clorofilas *a*, *b* e total foi utilizado um método não destrutivo, através do medidor de clorofila Clorofilog (Falker) que permite leituras instantâneas do teor relativo de clorofila na folha. As medições foram realizadas nos intervalos das outras análises, sendo feitas na porção mediana da folha +1.

Os parâmetros biométricos foram realizados aos 240 dias de transplântio em todas as plantas: a altura do colmo (AP) foi mensurada a partir do colo até o primeiro *dewlap* visível da planta principal; o diâmetro do colmo (DC) foi avaliado logo acima do colo da planta principal com auxílio de um paquímetro digital; o número de folhas (NF) foi determinado pela contagem das folhas expandidas da planta principal, iniciando da folha +1 e decrescendo até a última folha que apresentava no mínimo 80% do limbo foliar verde. A área foliar da planta principal (AF) foi determinada usando um medidor de área foliar portátil (modelo LI-3000 LI-COR.inc), iniciando da folha +1 e seguindo de forma crescente até as folhas que apresentassem no mínimo 80% do limbo foliar verde.

A determinação da atividade de fenilalanina amônia-liase (PAL) EC 4.3.1.25 foi realizada por meio da pesagem de 1 g do tecido vegetal da folha +1 da cana-de-açúcar e macerado em almofariz com 2,5 mL de tampão Borato de Sódio 50 mM (pH 8,5), contendo 5mM de -Mercaptanol e 0,075g de polivinilpirrolidona (PVP). Essa solução foi centrifugada a 25.000 x g por 20 min a 4°C e esperou-se decantar o sobrenadante que foi filtrado em quatro camadas de gazes. O sobrenadante foi colocado em um tubo em banho de gelo; Na cubeta, foi adicionado 1mL do extrato enzimático, deixando o tubo de ensaio com o extrato em banho termostático a 40°C até a estabilização da temperatura (2 minutos). Adicionou-se à cubeta 110µL de L-fenilalanina (100mM). A amostra foi homogeneizada e, imediatamente, efetuou-se uma leitura de absorvância a 290nm, seguido de uma nova leitura após uma hora nestas condições. (Ke, et al. 1986).

Os ensaios com o fungo *Curvularia inaequalis* foram conduzidos no Laboratório ECOPOC e casa de vegetação, localizados no Campus da Universidade Federal de Sergipe. O isolado do fungo foi obtido a partir de folhas da cultura com sintomas característicos de mancha da curvularia (*Curvularia inaequalis*) provenientes de plantio comercial. O isolado foi cedido pelo laboratório de fitopatologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

O patógeno foi cultivado em placas de petri contendo meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar) a 28 °C. As colônias foram repicadas e mantidas no mesmo meio para a condução do experimento. Para inoculação nas plantas foi utilizada uma suspensão de esporos (2×10^4 esporos/mL), que foi borrifada nas plantas sobre a parte abaxial dos segmentos de folhas, após borrifada, a área foi coberta com papel filtro afim de garantir a fixação dos esporos no tecido vegetal. Os segmentos não foram lavados ou desinfestados antes das inoculações.

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 4×2 (sendo quatro variedades e dois níveis de inoculação) com quatro repetições, sendo a parcela útil constituída por uma planta por vaso. Os dados foram submetidos à análise de variância seguida de teste de Tukey a 5 % de probabilidade com o programa estatístico SISVAR® versão 4.3.

Resultados

Os pigmentos clorofilados e a PAL estão apresentados nas figuras (1 a 5):

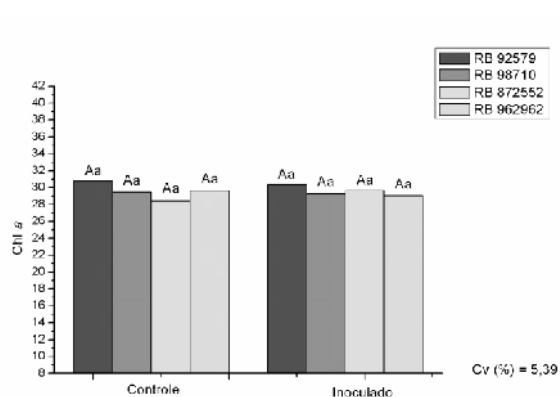


Figura 1. Clorofila a

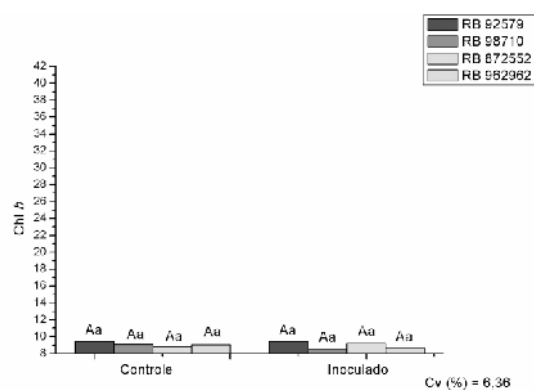


Figura 2. Clorofila b

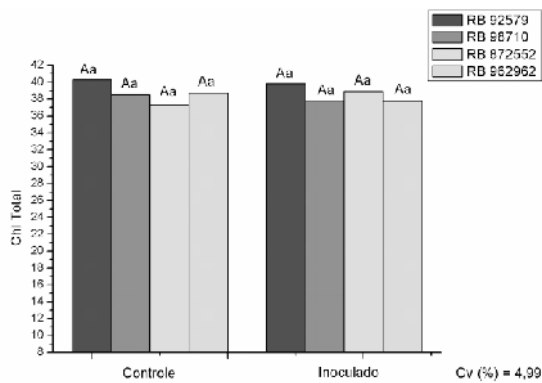


Figura 3. Clorofila Total

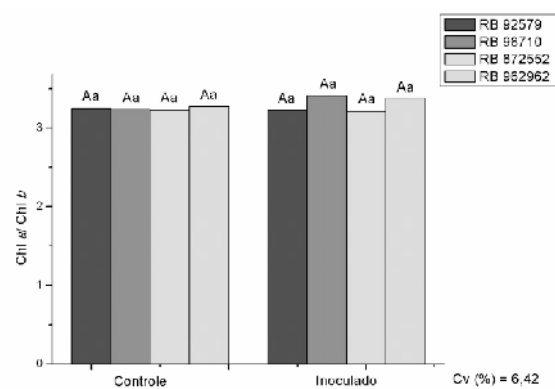


Figura 4. Relação Chl a/ Chl b

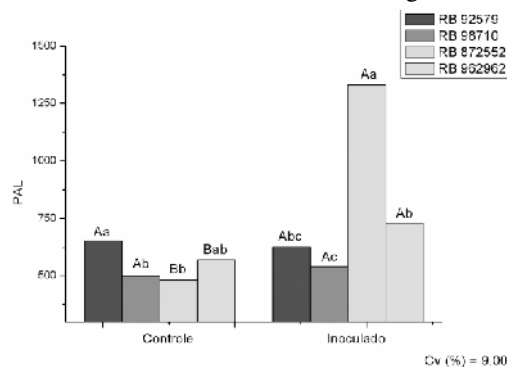


Figura 5. Fenilalanina amônia-liase (PAL)

Médias seguidas por letras minúsculas iguais por tratamento e maiúsculas entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios de clorofila *a*(28-30), clorofila *b*(8-9), clorofila total (38-40) e a relação *Chl a/ Chl b*(acima de 3) não diferiram, porém pode-se destacar a variedade RB 92579, em todos os parâmetros de pigmentos clorofilados esteve acima das outras variedades (Figuras 1, 2, 3 e 4). Enquanto que na atividade da enzima PAL (Figura 5), os valores médios diferiram, sendo RB 872552 e RB 962962 as variedades que demonstraram acréscimo de atividade enzimática entre os tratamentos. Tais variedades (RB 872552 e RB 962962) no tratamento inoculado apresentaram médias elevadas, que iniciaram com 480 – 520 para 720 – 1300, indicando aumento da atividade desta enzima, sobretudo na variedade RB 872552.

Os parâmetros biométricos estão apresentados nas figuras (6 a 12):

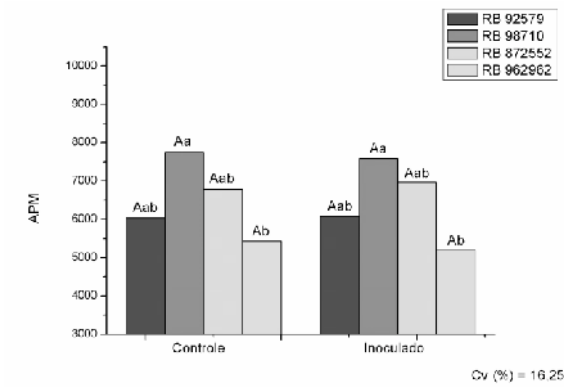


Figura 6. Área foliar planta mãe

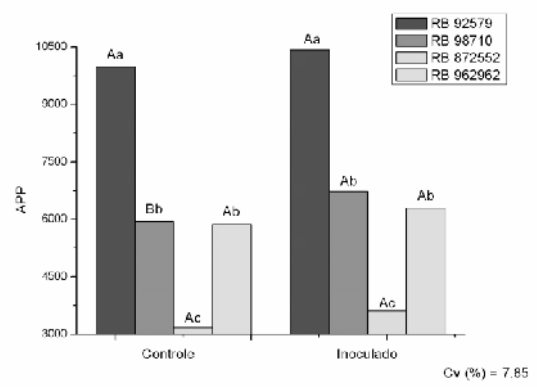


Figura 7. Área foliar perfilhos

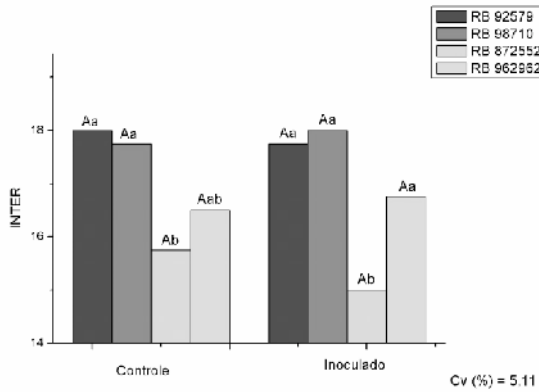


Figura 8. Internóides

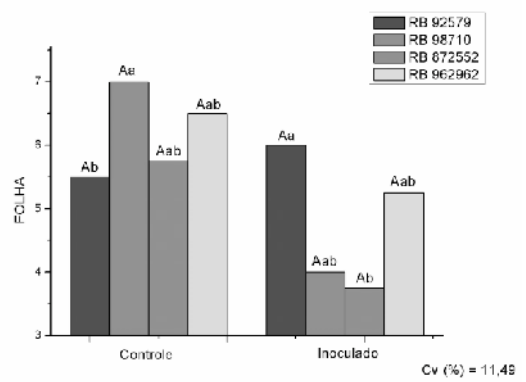


Figura 9. Número de folhas

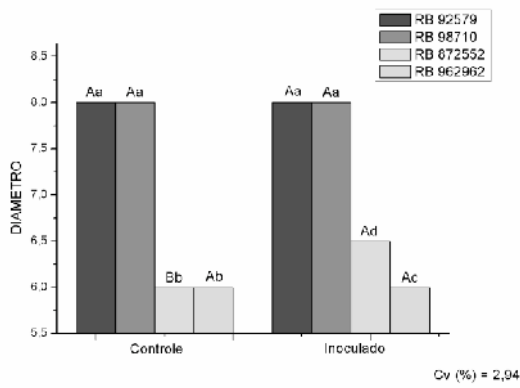


Figura 10. Diâmetro de colmo

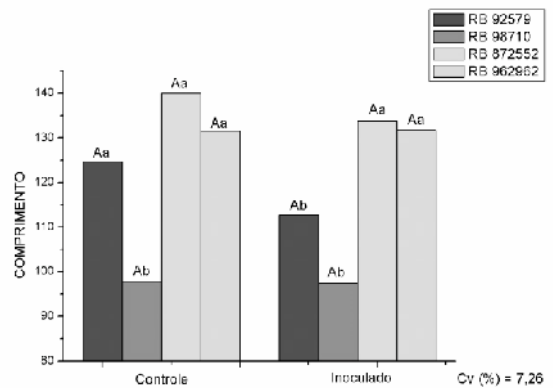


Figura 11. Comprimento de planta mãe

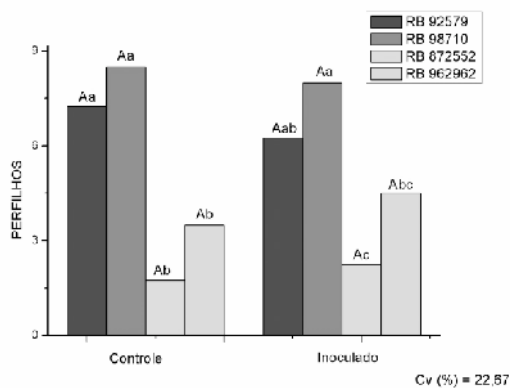


Figura 12. Número de perfilhos

Médias seguidas por letras minúsculas iguais por tratamento e maiúsculas entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os parâmetros área foliar da planta mãe (APM), número de internódios (INTER), número de folhas (FOLHA), comprimento de planta e número de perfilhos, apresentaram diferença entre as variedades, mas não entre controle e inoculado (Figuras 6,7,8,9,10,11 e12). Dentre esses parâmetros as variedades RB 92579 e 98710 obtiveram os maiores resultados. A variedade RB 98710 apresentou a maior área foliar de planta mãe (8.000 cm²) e número de folhas (7). Enquanto que a variedade RB 92579 destacou-se com a maior área foliar de perfilhos (APM) com 10.200 cm²e comprimento com 120 cm. Os parâmetros diâmetro (8), número de internódios (18) e número de perfilhos (7,5 - 9) apontam as variedades RB 92579 e RB 98710 superando as outras e não diferindo entre si.

Os parâmetros de trocas gasosas estão apresentados nas figuras (13 a 17):

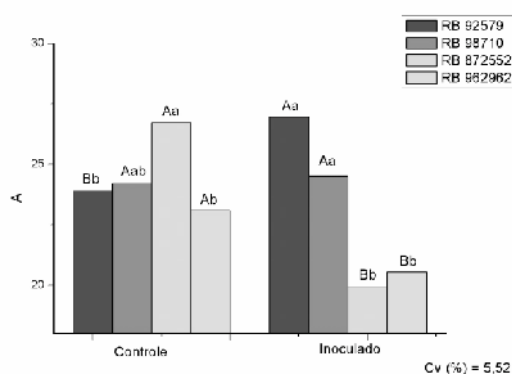


Figura 13. Assimilação fotossintética de CO₂

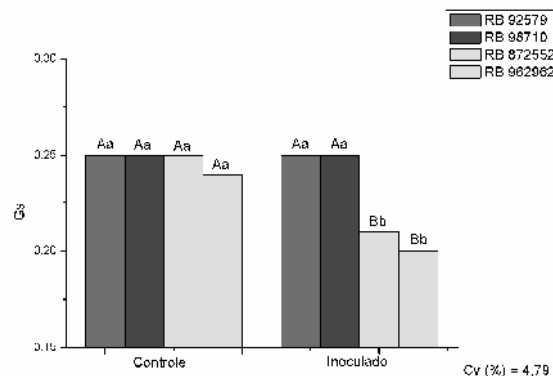


Figura 14. Condutância estomática

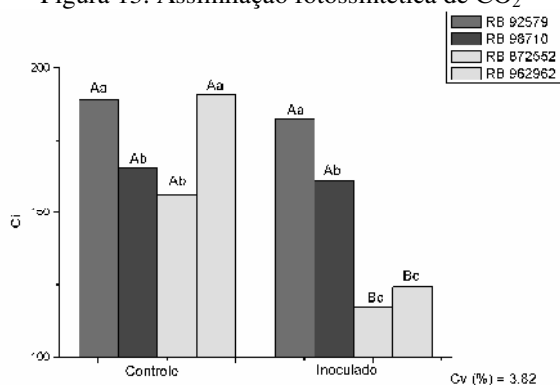


Figura 15. Concentração interna de carbono

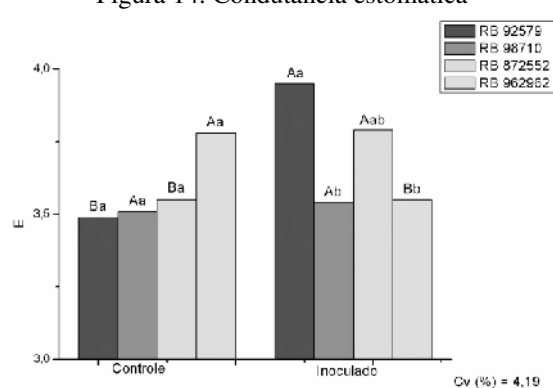


Figura 16. Transpiração

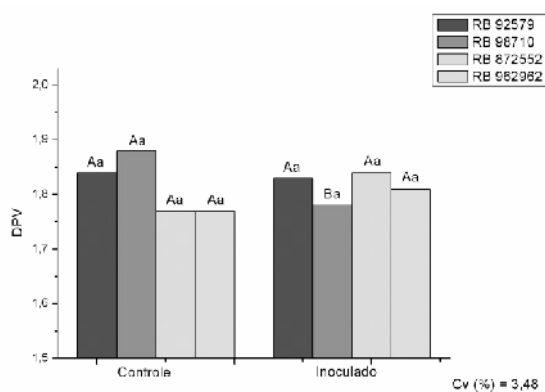


Figura 17. Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar

Médias seguidas por letras minúsculas iguais por tratamento e maiúsculas entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os parâmetros assimilação fotossintética de CO_2 (A), condutância estomática (Gs), Concentração interna de carbono (Ci), transpiração (E) e déficit de pressão de vapor ($\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$) apresentaram diferença entre as variedades e quanto ao nível de inoculação (Figuras 13,14,15,16 e 17). As variedades RB 872552 e RB 962962 apresentaram queda na assimilação fotossintética de CO_2 (de 26,7 e 23,1 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para 19,8 e 20,5 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), na condutância estomática (de 0,25 e 0,24 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para 0,21 e 0,20 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e na concentração de carbono interno (de 156,42 e 190,81 mmol m^2 para 117,34 e 124,32 mmol m^2), na variedade RB 962962 houve ainda queda na transpiração de 3,78 para 3,55 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Quanto ao déficit de pressão de vapor, a variedade RB 98710 apresentou decréscimo, de 1,88 para 1,78 kPa. Na variedade RB 92579 pode-se observar acréscimo na transpiração de 3,49 a 3,95 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. As demais variedades não apresentaram efeito sobre a inoculação do fungo, sendo as variedades RB 92579 e RB 98710 as que apresentaram maior eficiência biométrica e do aparato fotossintético.

Os parâmetros de fluorescência estão descritos nas figuras (18 a 23):

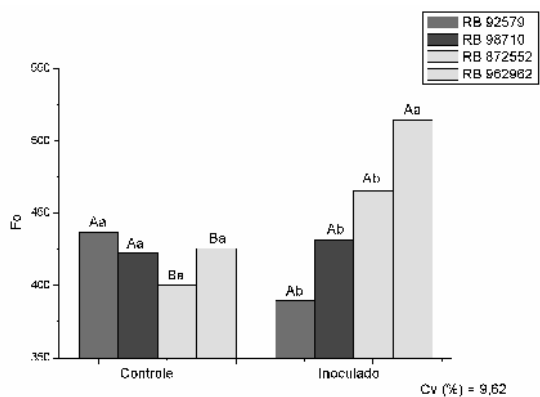


Figura 18. Fluorescência Inicial

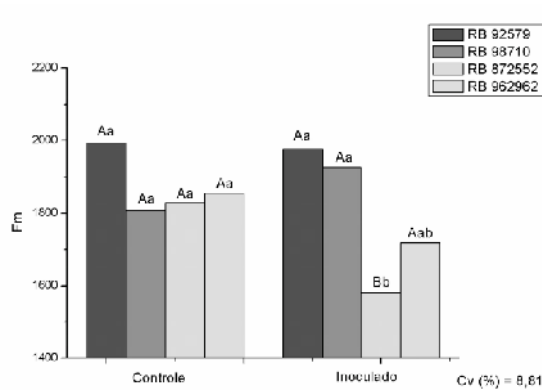


Figura 19. Fluorescência Máxima

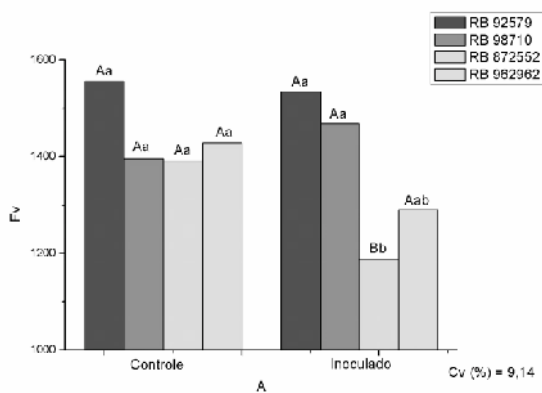


Figura 20. Fluorescência Variável

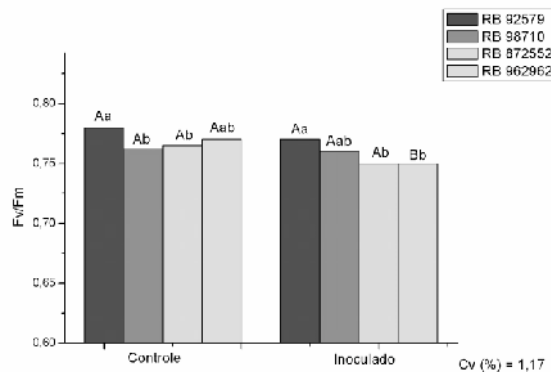


Figura 21. Eficiência fotoquímica máxima do FSII

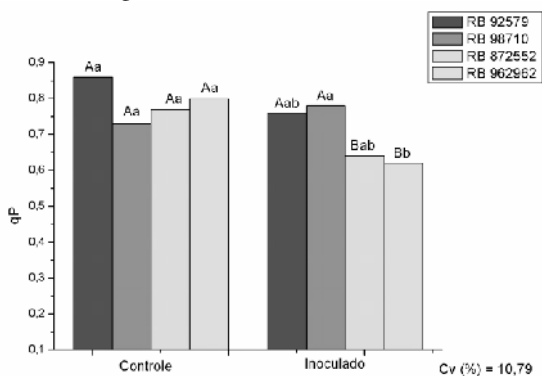


Figura 22. Quenching fotoquímico

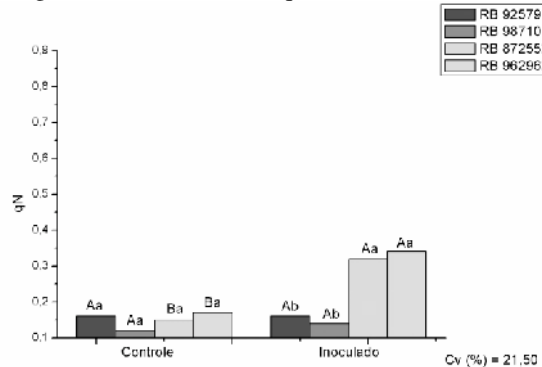


Figura 23. Quenching não-fotoquímico

Médias seguidas por letras minúsculas iguais por tratamento e maiúsculas entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O parâmetro Fluorescência inicial (F_o), a variedade RB 962962 foi a única a apresentar diferença entre controle e inoculado, os valores ficaram entre 400-500 (Figura 18). A fluorescência máxima (F_m), apresentou diferença estatística para as variedades (1800-2000) (Figura 19), sendo possível observar uma queda no valor de F_m para a variedade RB 872552 (controle – inoculado).

A fluorescência variável (Fv), seguiu a mesma tendência de Fm e Fv que apresentou queda para a variedade RB 872552 (1200-1500) (Figura 20). A relação Fv/Fm apresentou diferença entre as variedades dentro dos tratamentos e entre eles. Porém, nenhuma das variedades apresentou valores abaixo de 0,75. Já nos quenching fotoquímico (qP) e quenching não-fotoquímico (qN) as médias não diferiram (Figura 22 e 23), sendo elas, 0,7-0,8 e 0,15-0,35 respectivamente. Sendo as variedades RB 92579 e RB 98710 notadamente superiores nesses parâmetros em relação ao tratamento inoculado.

Em relação ao tratamento inoculado, o Fodas variedade RB 872552 e RB 962962 obtiveram os maiores valores, tendo em vista que plantas estressadas tendem ao aumento da fluorescência inicial. A mesma tendência ocorreu para Fm onde houve queda nas variedades RB 872552 e 962962, estando intimamente ligado a capacidade fotossintética do vegetal, onde sua diminuição acarretará problemas na sua eficiência e desenvolvimento, confirmando com a variável Fv/Fm (Figura 21) onde a variedade RB 962962 apresentou os menores valores, porém, a média não ficou abaixo de 0,75 o que indica o perfeito funcionamento do aparato fotossintético.

As variáveis (qP e qN) estiveram equilibradas e dentro dos níveis esperados, apresentando valores de qP entre 0,95 a 0,98 e qN entre 0,01 e 0,03 (Figuras 22 e 23), pois a fluorescência máxima é obtida quando todos os centros de reação do PSII estão oxidados e adaptados ao escuro, sendo $qP = 1$ e $qN = 0$.

Discussão

Os parâmetros ecofisiológicos, metabólicos e biométricos foram usados para entender os efeitos e a intensidade do estresse causado ao aparato fotossintético de diferentes variedades de cana-de-açúcar pelo fungo *Curvularia inaequalis*. No geral, o patógeno não causou nas variedades os efeitos severos relatados em cana-de-açúcar. Não houve alteração no teor de clorofila, sintomas apresentado em plantas infectadas, onde ocorre grande diminuição

do seu teor, e em casos severos secamento e morte. Possivelmente a não perda da pigmentação verde das folhas inoculadas com o fungo seja em função do nível de detecção pelo clorofilômetro, visto que nas médias das análises de áreas saudáveis e com lesão das folhas, os dados não mostraram redução. Em todas as variedades, observou-se que a clorofila *a* esteve presente em concentrações maiores nas plantas, próximo a proporção de 3:1 com relação à clorofila *b*, condições estáveis quanto aos teores deste pigmento (Taiz; Zeiger, 2009).

Ao contrário das análises de pigmentos (Chl*a*, *b* e total), a fluorescência da clorofila *a* apresentaram diferenças significativas entre a plantas inoculadas e não inoculadas com o fungo. Tanto para as trocas gasosas como para a fluorescência da clorofila *a* foi observada atividade alterada em alguns parâmetros principalmente para as variedades RB 872552 e RB 962962 indicando infecção pelo fungo *Curvularia inaequalis*. Esse estresse foi evidenciado nos parâmetros assimilação fotossintética de CO₂(A), condutância estomática (Gs), concentração interna de carbono (Ci), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), quenching não-fotoquímico (qN), quenching fotoquímico (qP) e fenilalanina amônia-liase(PAL).

O desempenho das variedades RB 872552 e RB 962962 em relação à assimilação fotossintética de CO₂, condutância estomática e concentração interna de carbono indicam alteração por infecção do fungo. Ao ser invadida por um patógeno, a cana-de-açúcar pode desencadear uma série de mecanismos de defesa na tentativa de conter o agente agressor. A resposta ocorre de maneira não específica por meio da ativação de genes do vegetal em diversas respostas de defesa, aumentando os níveis dos compostos de defesa pré-existentes na planta, como a enzima fenilalanina amônia-liase (PAL), precursora das fitoalexinas (Pascholati & Leite, 1995; Kuhn, 2007;). Como verificada nas variedades RB 872552 e RB 962962 onde os valores foram aumentados em função da infecção.

A presença do patógeno atuou sobre a condutância estomática e ela está intimamente relacionada com a assimilação fotossintética de CO₂. O fechamento estomático reduz a entrada de CO₂ no vegetal diminuindo a capacidade do mesmo de realizar fotossíntese. Assim, a redução no valor da assimilação fotossintética de CO₂ foi causada pelo fechamento estomático e a intensa atividade metabólica desencadeada pela infecção (Wright et al., 1995). Isso ficou evidenciado pelo decréscimo da concentração de carbono interno, que acompanhou a tendência. Com a infecção ocorre a liberação de toxinas que podem afetar a permeabilidade das membranas e o funcionamento dos estômatos (Syvertsen et al., 1980), ocasionando na planta o sintoma de restrição hídrica.

As variedades RB 872552 e 962962 apresentaram acréscimo em sua fluorescência inicial, o que se dá quando os centros de reação do fotossistema II estão prejudicados, nesse caso as toxinas do patógeno causaram alteração estrutural nos pigmentos fotossintéticos e condicionaram a planta a essa reação (Bolhàr-Nordenkampf et al., 1989).

Os parâmetros fluorescência máxima (Fm), eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv/Fm) e quenching não-fotoquímico (qN) das variedades RB 872552 e 962962 continuaram a tendência de infecção, apresentando valores reduzidos no tratamento inoculado. Quando sob estresse biótico, causado pelo fungo *Curvularia inaequalis*, essa redução nesses parâmetros pode ter sido causada pela ação de mecanismos fotoprotetores que diminuem a excitação causada pela menor dissipação de energia através do transporte de elétrons, isso provoca, o aumento do quenching não-fotoquímico (qN), e a redução da eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv/Fm), por conta do declínio da fluorescência máxima (Fm), além da diminuição do quenching fotoquímico (qP) e aumento da Fluorescência mínima (Fo) (Demming-Adams e Adams, 1992; Osmond, 1994).

Gonçalves et al., (2005) em seu trabalho com o vírus do amarelecimento da cana-de-açúcar encontrou alteração de fluorescência mínima (Fo), fluorescência máxima (Fm) e na

eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv/Fm) nas plantas inoculadas, sendo detectado um aumento nos valores de (Fo) e decréscimos em (Fm e Fv/Fm). O aumento da Fo, a redução da Fm e conseqüentemente na razão Fv/Fm seguem o padrão de um processo de fotoinibição (Krause, 1991). Esse padrão pode ser observado nas variedades RB 872552 e RB 962962. Outros autores já confirmaram essas tendências dos parâmetros ecofisiológicos em outras plantas como o trigo infectado por míldio (Allen, 1942), o algodão infectado por *Verticillium albo-atrum* (Mathre, 1968), a laranjeira “Pêra” infectada com *Xylella fastidiosa* (Ribeiro, 2003).

As alterações fisiológicas ocorridas são precisamente reforçadas pela análise da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL). As variedades RB 872552 e RB 962962 apresentaram médias altas no tratamento inoculado, indicando aumento da atividade desta enzima, sobretudo na variedade RB 872552. Para Nakazawa et al. (2001), a atividade da PAL está relacionada com a resistência de plantas a patógenos, notadamente, por estar envolvida no primeiro passo da síntese dos fenilpropanóides, com participação de fenilalanina e sua conversão em ácido-transcinâmico, catalisada pela PAL, resultando em compostos como fitoalexinas e, principalmente, lignina, que confere maior resistência à parede celular das plantas aos patógenos. A PAL tem sido relacionada ao controle de doenças de plantas (Durrant ;Dong, 2004) fato confirmado pelos resultados encontrados no presente trabalho. As variedades RB 872552 e RB 962962 apresentaram sintomas da mancha de curvularia e as variedades RB 92579 e RB 98710 não apresentaram sintomas. Nas figuras do anexo 1 constata-se indícios de ataque do fungo, principalmente na variedade RB 872552.

Quanto aos parâmetros biométricos, as variedades que mais se destacaram foram as RB 92579 e 98710, apresentando resultados maiores para as variáveis (APP, INTER, FOLHA, DIA, COMP e PERF) em ambos os níveis de inoculação. Desde seu lançamento essas variedades vem apresentando expressivo crescimento nas áreas de cultivo, em função de

suas vantajosas produtividades agroindustriais, de 30% a 40% acima das outras que eram mais cultivadas e 60% acima das variedades cultivadas há duas décadas.

Livres de patógenos, as variedades obtiveram os resultados biométricos, metabólicos e fisiológicos de alto rendimento para cana-de-açúcar, estando todas em relação aos parâmetros analisados equilibradas. Quando inoculadas pelo fungo *Curvularia inaequalis* pode-se observar as tendências destas variedades e como reagiram na presença desse patógeno.

Conclusão

Em condições ótimas, as variedades apresentaram tendências iguais aos 240 dias após do transplantio.

Sob a influência do fungo *Curvularia inaequalis*, as variedades RB 92579 e 98710 não apresentaram sintomas e as variedades RB 872552 e 962962 apresentaram sintomas.

Revisão Bibliográfica

ALLEN, P. J. Changes in the metabolism of wheat leaves induced by infection with powdery mildew, *American Journal of Botany*, v.29, n.6, p.425-435, 1942.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n°.403, p. 1607–1621, 2004.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G.. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

CHA-UM, S. & KIRDMANEE, C. Proline Accumulation, Photosynthetic Abilities and Growth Characters of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Plantlets in Response to Iso-

Osmotic Salt and Water-Deficit Stress. **Agricultural Sciences**, in China, vol.8, n.1, p. 51-58, 2009.

CONAB-National Supply Company Monitoring of the Brazilian harvest of cane sugar according to a survey of August 2011.

CAMPOSTRINI, E.; REIS, F. de O.; SOUZA, M. A. de ; YAMANISHI, O. K. 2010. Processed-kaolin particle film on papaya leaves: a study related to gas exchange, leaf temperature and light distribution in canopy. *Acta Horticulturae*, v. 864, p. 195-200.

DEMMING-ADAMS, B.; ADAMS III, W. W. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. V.43, p.599-626, 1992.

DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**.v. 42, p. 185-209, 2004.

ELLIS, M.B. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. England. Commonwealth Mycological Institute.

GONÇALVES, M. C.; VEGA, J.; OLIVEIRA, J. G.; GOMES, M. M. A. 2005. *Sugarcane yellow leaf virus* infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, p.10-16.

HOLT III, B.F.; HUBERT, D.A.; DANGL, J.L. Resistance Gene Signaling in Plants - Complex Similarities to Animal Innate Immunity. *Current Opinion in Immunology*, London, v. 15, n. 1, p. 20-25, 2003

KE, DANGYAND AND SALTVEIT, MIKAL E. Jr. Effects of Calcium and Auxin on Russet Spotting and Phenylalanine Ammonia lyase Activity in Iceberg Lettuce. **HortScience** 21 (5): 1169-1171, 1986.

KIM, J-C., CHOI, G., KIM, H., KIM, H-J. & CHO, K. (2000). Pathogenicity and pyrenocine production of *Curvularia inaequalis* isolated from zoysia grass. *Plant Dis.* 84: 684-688.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. 1991. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Boca Raton, v.42, p.313-349.

KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F. Custo adaptativo da resistência induzida no controle de fitopatógenos. In: RODRIGUES, F.; ROMEIRO, R. da S. **Anais da III Reunião Brasileira sobre Indução de Resistência em Plantas a Patógenos**. Viçosa, p. 67-90, 2007.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE, 1988. 106p.

MATHRE, D. E. Photosynthetic activities of cotton plants infected with *Verticillium alboatrum*. **Phytopathology**, v.58, n.2, p.137-141, 1968.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence – A practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668.

MENDGEN, K. Fungal attachment and penetration. In: KERSTIENS, G. (Ed.). **Plant cuticles: an integrated functional approach**. Lancaster: Bios Scientific Publishers, 1996. p.175-188.

NAKAZAWA, A., NOZUE, M. & YASUDA, H. Expression pattern and gene structure of phenylalanine ammonia-lyase in *Pharbitis nil*. *Journal of Plant Research* 114:323-328. 2001.

OSMOND, C. B. What is photoinhibition? In: BAKER, N. R.; BOWYER, J. R. (Ed.) **Photoinhibition of photosynthesis**. Oxford: BiosScientific, 1994. p.1-24

PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia. Princípios e conceitos**. v.1. São Paulo: Ed. Ceres, 1995. p. 417-453.

RIBEIRO, R. V. Early photosynthetic responses of sweet orange plants infected with *Xylella fastidiosa*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, London, v. 62, n.3, p. 167-173, 2003.

RIDESA, 2010. Inter-University Network for the Development of Ethanol Industry. National catalog of varieties "RB" of sugar cane / Inter-University Network for the Development of Ethanol Industry. - Curitiba, 2010. 136 p. il.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. **Plant physiology**. Porto Alegre: Artmed, 843 p.

THORDAL-CHRISTENSEN, H. Fresh insights into processes of nonhost resistance. *Current Opinion in Plant Biology*, London, v. 6, n. 4, p.351-357, 2003

SIVANESAN, A. (1987). Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. *Mycological Papers* 158: 1-261.

STICHER, L.; MAUCH-MANI, B.; MÉTRAUX, J. P. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**. v. 35, p. 235-270, 1997.

SYVERTSEN, J. P.; BAUSHER, M.G.; ALBRIGO, L. G. Water relations and related leaf characteristics of healthy and Blight affected citrus trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.105, n.3, p.431-434, 1980

WRIGHT, D. P.; BALDWIN, B. C.; SHEPARD, M. C.; SCHOLES, J. D. Source-sink relationships in wheat leaves infected with powdery mildew. II. Changes in the regulation of Calvin cycle. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.47, n.4, p.255-267, 1995.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Todas as variedades avaliadas no período de 150 e 240 dias apresentaram desempenho padrão para variedades elite de cana-de-açúcar.

A variedade RB 98710 apresentou parâmetros ecofisiológicos superiores e maior capacidade de produção de biomassa aos 150 dias também as 240 dias, juntamente com a variedades RB 92579.

Sob a influência do fungo *Curvularia inaequalis*, as variedades RB 92579 e 98710 foram completamente resistentes e as variedades RB 872552 e 962962 foram resistentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As Referências bibliográficas devem obedecer à versão mais recente da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), disponível na Biblioteca da UFS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As Referências bibliográficas devem obedecer à versão mais recente da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), disponível na Biblioteca da UFS.

AGRIOS, G.N. How plants defend themselves against pathogens. In: AGRIOS, G.N. *Plant Pathology*. San Diego: Academic Press, 2005, p. 208-248

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, p. 246-252. 2004.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n°. 403, p. 1607–1621.

BARBIERI, V.; BACCHI, O. O. S.; VILLA NOVA, N. A. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana de açúcar (*Saccharium* sp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1979, Mossoró. **Anais...** Mossoró - 1979.

BEDENDO, I. P. Ferrugens. In: Bergamin Filho, A.; Kimati, H. e Amorim, L. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 3° ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995.v.1.,p. 872-880.

CAMPOSTRINI, E, Fluorescência da clorofila a, considerações teóricas e aplicações práticas, Disponível em <http://www.uenf.br/downloads/ApostiladeFluorescencia.pdf> >. Acessado em 12 de novembro de 2012.

- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana de açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 157 p. 1991.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005, 650p.
- CAVALCANTI, F.R.; RESENDE, M.L.V.; ZACARONI, A.B.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; COSTA, J.C.; SOUZA, R.M. Acibenzolar-Smetil e Ecolife na indução de resistência e respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). *Fitopatologia Brasileira*, v.31, p.372-380, 2006.
- CONAB-National Supply Company (2011). Monitoring of the Brazilian harvest of cane sugar according to a survey of August 2011. Available at: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1028&t>. October 2010.
- ELLIS, M.B. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. England. Commonwealth Mycological Institute.
- FERREIRA, F.A. **Patologia Florestal – Principais Doenças Florestais do Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.
- HOLT III, B.F.; HUBERT, D.A.; DANGL, J.L. Resistance Gene Signaling in Plants - Complex Similarities to Animal Innate Immunity. *Current Opinion in Immunology*, London, v. 15, n. 1, p. 20-25,
- KAVI KISHOR, P. B.; SANGAM, S.; AMRUTHA, R. N.; SRI LAXMI, P.; NAIDU, K. R.; RAO, K. R. S. S.; RAO, S.; REDDY, K. J.; THERIAPPAN, P.; SREENIVASULU, N. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Science*, Columbus, v. 88, n. 3, p. 424-438, 2005.
- KIM, J-C., CHOI, G., KIM, H., KIM, H-J. & CHO, K. (2000). Pathogenicity and pyrenocine production of *Curvularia inaequalis* isolated from zoysia grass. *Plant Dis.* 84: 684-688.

- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: Rima artes, 2006. 531 p.
- MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE, 1988. 106p.
- MANDOKHOT, A. M.; BASU CHAUDHARY, K. C. A new leaf spot of maize incited by *Curvularia clavata*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 78, n. 2, p. 65-68, 1972. **Journal of Plant Pathology**, v. 78, n. 2, p. 65-68, 1972.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence – A practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668.
- MENDGEN, K. Fungal attachment and penetration. In: KERSTIENS, G. (Ed.). **Plant cuticles: an integrated functional approach**. Lancaster: Bios Scientific Publishers, 1996. p.175-188.
- NAKAZAWA, A., NOZUE, M. & YASUDA, H. Expression pattern and gene structure of phenylalanine ammonia-lyase in *Pharbitis nil*. **Journal of Plant Research** 114:323-328. 2001.
- O'NEIL P.M.; SHANAHAN J. F.; SCHEPERS J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, 46: 681-687. 2006.
- PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual defitopatologia. Princípios e conceitos**. v.1. São Paulo: Ed. Ceres, 1995. p. 417-453.
- RAVEN, P. H. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2007. 830p.
- RIDESA, 2010. Inter-University Network for the Development of Ethanol Industry. National catalog of varieties "RB" of sugar cane / Inter-University Network for the Development of Ethanol Industry. - Curitiba, 2010. 136 p. il.

- SAGE, R.F. 2004. The evolution of C4 photosynthesis. **New Phytologist**, v.161, p.341-370.
- SARMA, A. D.; SREELAKSHMI, Y.; SHARMA, R. Differential expression and properties of phenylalanine ammonia-lyase isoforms in tomato leaves. *Phytochemistry*, v. 49, n. 8, p. 2233-2243, 1998
- SILVA, L.M.; ALQUINI, Y. e CAVALLET, V.J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. *Acta Botanica Brasílica*. v.19, n.1, p.183-194. 2005
- SILVA, M. DE A. et al. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 3, p. 193-201, 2007.
- SINCLAIR, T. R. et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, EUA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, p. 171-178, 2004.
- SCHOLES, J. D.; HORTON, P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: simultaneous measurements. In: HENDRY, G. A. F.; GRIME, J. P. (Ed.). **Methods in comparative plant ecology** - a laboratory manual. London: Chapman & Hall, 1993. p.130-135.
- SIVANESAN, A. (1987). Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. *Mycological Papers* 158: 1-261.
- STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: **Probing Photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation**. M. Yunus. U. Pathre, P. Mohanty (eds.), Taylor & Francis. London. GB. p. 445-483, London, 2000.
- STREIT, M.N. et al. 2005. The chlorophyll. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000300043&script=sci_arttext>.
- Acess in: 16 dez. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782005000300043.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. 2009. **Plant physiology**. Porto Alegre: Artmed, 843 p.

TERUEL, D. A.; BARBIERI, V.; FERRADO JÚNIOR, L. A. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water conditions. *ScientiaAgrícola*, Piracicaba, v.54, n.especial, 1997.

THORDAL-CHRISTENSEN, H. Fresh insights into processes of nonhost resistance. *Current Opinion in Plant Biology*, London, v. 6, n. 4, p.351-357, 2003

VON CAEMMERER, S.; FURBANK, R.T. 2003.The C4 pathway: an efficient CO2 pump. **PhotosynthesisResearch**, v.77, p.191-207.

WULFF, N.A. Caracterização enzimática das celulases xf-810,xf-818 e xf-2708 de *Xylella fastidiosa* e purificação da proteína xf-818, expressas em *escherichia coli* 2002. 195p.Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz deQueiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002

YUSUF, M.A; KUMAR, D; RAJWANSHI, R; STRASSER, R.J; TSIMILLI-MICHAEL, M; GOVINDJEE; SARIN, N.B. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **BiochimicaetBiophysicaActa**, Amsterdam, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.

ZRIBI, L.; GHARBI, F.; REZGUI, F.; SALWA, R.; HASSAN, N.; MOHAMED, R. N. Application of chlorophyll fluorescence for the diagnosis of salt stress in tomato *Solanumlycopersicum*(variety Rio Grande) **ScientiaHorticulturae**, v. 120, p. 367-372, 2009.

ANEXOS

ARTIGO2:Influência da mancha de curvularia na cana-de-açúcar

