



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

TAMIRIS LUANA DA SILVA

**ANÁLISES FISIOLÓGICAS EM CANA-DE-AÇÚCAR EM RESPOSTA A
DIFERENTES MANEJOS DE ADUBAÇÃO.**

AREIA

2022

TAMIRIS LUANA DA SILVA

**ANÁLISES FISIOLÓGICAS EM CANA-DE-AÇÚCAR EM RESPOSTA A
DIFERENTES MANEJOS DE ADUBAÇÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Programa de Graduação
em Agronomia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Fabio Mielezrski.

AREIA

2022

Ficha Catalográfica

Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Tamiris Luana da.
Análises fisiológicas em cana-de-açúcar em resposta
a diferentes manejos de adubação / Tamiris Luana da
Silva. - Areia:s.n, 2022.
37 f. : il.

Orientação: Fabio Mielezrski.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Saccharum spp. 3. Trocas gasosas.
4. Fertilizantes. I. Mielezrski, Fabio. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA CDU 631/635(02)

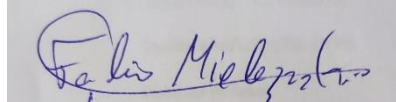
TAMIRIS LUANA DA SILVA

**ANÁLISES FISIOLÓGICAS EM CANA-DE-AÇÚCAR EM RESPOSTA A
DIFERENTES MANEJOS DE ADUBAÇÃO**

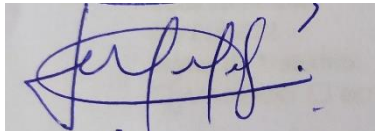
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Programa de Graduação
em Agronomia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 04/11/2022.

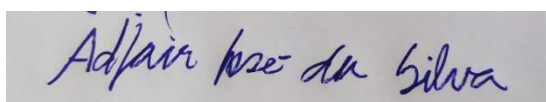
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabio Mielezrski (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dr. Leossávio César de Souza
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



M. Sc. Adjair José da Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Dedicatória

Aos meus pais e irmãos por todo apoio durante o curso, aos meus avós, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora por ter me guiado até aqui.

Agradeço aos meus pais que nunca mediram esforços na minha educação e sempre me apoiaram em minhas decisões, por mais incertas que fossem. Agradeço por sempre estarem dispostos a me levar em Areia, por mais que isso, pra eles, fosse sempre uma grande diversão.

Agradeço em especial ao meu pai, que por diversas vezes se dispunha a ir ajudar nas avaliações dos experimentos. Foi assim que eu consegui realizar um dos sonhos dele, o de cortar cana por um dia.

À minha mãe por sempre acreditar em mim (até mesmo nos maiores devaneios e fantasias que eu falo diariamente) e por preparar marmitas com comida caseira, que faziam inveja a boa parte dos meus amigos de sala do RU.

Aos meus irmãos, Hortência, com seu excesso de bagunça e Tércio, com seu excesso de carência. Apesar de tudo eles sempre estavam dispostos a tudo para me ajudar, vocês foram essências nessa jornada, obrigada por todo apoio.

À Maria Aurora, que começou a aprender os números tabulando dados desse trabalho. Agradeço por todas as tardes em que eu estava estudando e você não me deixava cair no sono com a sua fala incessante, tenho certeza que sem você eu não conseguiria, estaria dormindo até agora.

A Luiz Augusto, para que no futuro, ao ver esse trabalho, não me questione o porquê do nome de Maria Aurora estar aqui e o dele não.

À toda minha família que, sem dúvidas, é a melhor de todas. Aos meus primos que são verdadeiros irmãos e sempre me apoiaram em todos os momentos. Em especial a Marina, por sempre preparar um almoço especial quando eu estava na sua casa.

À minha psicóloga, Sara Gomes, por ter me ajudado quando eu mais precisei, tenho certeza que sem você eu teria surtado muito mais.

Ao Professor Fábio, por ter me acolhido desde os primeiros períodos, compartilhando seus ensinamentos e sempre compressivo, não apenas comigo mas com todos os seus alunos.

Ao Professor Leossávio, por conseguir fazer aulas tão divertidas às 7h da manhã, nas quais o único problema era sala cheia de lagartixas.

Às meninas, Emily Mirlene, Ellen Vitória, Anna Carolina, Milenna Araújo e Joana Banhos, que sempre me receberam da melhor maneira possível em suas casas. Emily com sua farofa de cuscuz perfeita, Ellen com sua batata de vó, Anna com sua calma e energia pra qualquer rolê, Milenna que nunca me deixou perder uma aula, com o seu despertador que não parava de tocar e Joana, com seu arroz integral com carne moída ou bolo de cenoura com chocolate e, claro, com sua voz que reconhecíamos de longe.

À turma 2018.1, em especial a Bruna Thalia, que muitas vezes salvou vários com suas revisões.

Aos meninos, Alexandre, Allef, João, Jurandez, Murilo e as reduzidas que nos auxiliou para o bom desempenho no curso.

A Edivanilton Junior, Bruno Rosendo, Edson, Ewerton Barbosa, Ricardo, Thaynara e tantos outros que fizeram essa jornada ser mais leve.

A Cristina do laboratório de SIG, por sua disponibilidade para passar seus conhecimentos.

Aos meus amigos que me acompanham de longa data, Ellen Karoline (in memorian), Thaynah Simões que desde o jardim da infância tem estado ao meu lado e sem dúvida é uma das minhas melhores amizades. Allisson, meu coach que não é coach, por escutar minhas reclamações diárias sobre o final do curso e sempre falar que ia dar certo mesmo quando a chance era mínima.

Ao GESUCRO.

RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) É uma espécie de planta que pertence à família Poaceae, uma cultura perene que possui um crescimento ereto e levemente decumbente na sua fase inicial, e é classificada como monocotiledônea. Por ser a principal matéria prima para a produção do álcool, açúcar cachaça e muitos outros derivados, essa cultura se torna uma das mais importantes do mundo tropical, além de gerar um grande número de empregos diretos e indiretos. O objetivo desse trabalho foi avaliar as trocas gasosas e os níveis de clorofila em diferentes épocas de aplicação de fertilizantes na cana-de-açúcar. O trabalho realizou-se na Fazenda Experimental Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, no município de Areia-PB. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 2x (4+1) sendo 2 genótipos de cana-de-açúcar (RB867515 e RB041443) x 4 épocas de aplicação dos produtos (0 + 90 + 120 DAP, 0 + 90 + 150 DAP, 0 + 120 + 180 DAP, 0 + 90 DAP + período em que a folha +1 secar completamente) mais a testemunha absoluta, referente a ausência de aplicação dos produtos, contendo assim 10 tratamentos com 4 repetições e um total de 40 unidades experimentais. Para coleta dos dados de trocas gasosas, foram medidas: a taxa de fotossíntese (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a concentração interna de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a eficiência instantânea no uso da água (EiUA - A/E) calculada relacionando-a à fotossíntese líquida com a transpiração [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$], e a eficiência instantânea de carboxilação (EiC - A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$]. A fluorescência da clorofila “a” foi medida e determinada os seguintes parâmetros: fluorescência mínima da folha adaptada ao escuro (FO), fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro (Fm), fluorescência máxima variável ($F_v = F_m - F_0$), eficiência quântica potencial do FSII (F_v/F_m) e a razão F_v/F_0 . Foram coletadas as leituras de clorofila a + b. Os resultados indicam que uso de fertilizantes em diferentes épocas de aplicação e genótipos de cana-de-açúcar promoveu melhor desenvolvimento da cultura. A aplicação de fertilizantes em função de diferentes épocas de aplicação e genótipos de cana-de-açúcar mostrou melhores respostas para a fluorescência máxima, fluorescência variável, razão da fluorescência variável e fluorescência inicial (F_v / F_0), rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m), Clorofila “a”, clorofila “b” e clorofila total. O uso de fertilizantes em diferentes épocas de aplicação na cana-de-açúcar promoveu maior concentração de CO_2 , aproximando-se de resultados encontrados na literatura.

Palavras-Chave: *saccharum spp*; trocas gasosas; fertilizantes.

ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum spp.*) It is a species of plant that belongs to the Poaceae family, a perennial culture that presents erect and slightly decumbent growth in its initial phase, being classified as monocot. As it is the main raw material for the production of alcohol, sugar cachaça and many other derivatives, this culture becomes one of the most important in the tropical world, in addition to generating a large number of direct and indirect jobs. The objective of this work was to evaluate gas exchange and chlorophyll levels at different times of fertilizer application in sugarcane. The work was carried out at the Experimental Farm Chã de Jardim, belonging to the Center for Agrarian Sciences, of the Federal University of Paraíba, in the municipality of Areia-PB. The design used was randomized blocks (DBC), in a 2x (4+1) factorial scheme, with 2 sugarcane genotypes (RB867515 and RB041443) x 4 times of application of the products (0 + 90 + 120 DAP, 0 + 90 + 150 DAP, 0 + 120 + 180 DAP, 0 + 90 DAP + period in which the leaf +1 dries completely) plus the absolute control, referring to the absence of application of the products, thus containing 10 treatments with 4 repetitions and a total of 40 experimental units. To collect gas exchange data, the following measurements were taken: photosynthesis rate (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), CO₂ internal concentration (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiration (E) ($\text{mmol of H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), stomatal conductance (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), instantaneous water use efficiency (E_{iUA} - W/E) calculated relating it to net photosynthesis with transpiration [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mmol of H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$], and the instantaneous carboxylation efficiency (E_{iC} - A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$]. The fluorescence of chlorophyll “a” was measured and the following parameters determined: minimum fluorescence of the dark-adapted leaf (F₀), maximum fluorescence of the dark-adapted leaf (F_m), maximum variable fluorescence (F_v = F_m – F₀), quantum efficiency FSII potential (F_v/F_m) and the F_v/F₀. Chlorophyll a + b. The results indicate that the use of fertilizers at different application times and sugarcane genotypes promoted better crop development. Fertilizer application as a function of different application times and sugarcane genotypes showed better responses for maximum fluorescence, variable fluorescence, variable fluorescence ratio and initial fluorescence (F_v /F₀), maximum quantum yield of photosystem II (F_v/F_m), Chlorophyll “a”, chlorophyll “b” and total chlorophyll. The use of fertilizers at different times of application in sugarcane promoted a higher concentration of CO₂, approaching results found in the literature.

Keywords: *Saccharum spp*; gas exchange; fertilizers.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Importância econômica da cana-de-Açúcar	10
2.2 Morfologia e fenologia	10
2.2.1 Fotossíntese na cana-de-açúcar	12
2.2.2 Trocas Gasosas	12
2.2.3 Pigmentos fotossintetizantes	13
2.2.4 Fatores que afetam o crescimento	13
2.3 Manejo da adubação em cana-de-açúcar	14
2.3.1 Aplicação foliar	15
3. METODOLOGIA.....	17
3.1 Localização do experimento.....	17
3.2 Condução do experimento	17
3.3 Preparo do solo e plantio	19
3.4 Variáveis Analisadas	20
3.5 Análises estatísticas	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma espécie que pertence à família Poaceae, uma cultura perene que possui um crescimento ereto e levemente decumbente na sua fase inicial, e é classificada como monocotiledônea. Por ser a principal matéria prima para a produção do álcool, açúcar cachaça e muitos outros derivados, essa cultura se torna uma das mais importantes do mundo tropical, além de gerar um grande número de empregos diretos e indiretos.

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, possuindo mais de oito milhões de hectares plantados, e mais de 480 milhões de toneladas de produção de cana, tornando o país líder em tecnologia de produção de etanol (EMBRAPA, 2022). Essa maior produção acontece devido as grandes áreas cultiváveis e condições edafoclimáticas favoráveis a cultura no Brasil (CONAB, 2022).

Atualmente a cana-de-açúcar é uma alternativa no setor de biocombustíveis do Brasil e do mundo. O seu principal produto é o etanol, mas devido suas inúmeras utilidades, a cana-de-açúcar pode gerar diversos produtos pela indústria sucroalcooleira nacional. (CONAB, 2020). Devido a todos esses fatores que contribuem para a competitividade da cultura, pesquisas que venham a contribuir com a melhoria e aumento da produtividade são de grande importância.

Estudos que visam à seleção de variedades que apresentem tolerância aos estresses abióticos na região Nordeste, constituem uma alternativa para aumentar a produtividade da cana-de-açúcar, sem, no entanto, aumentar os custos de produção. Assim, parâmetros fisiológicos, como medida indireta do teor de clorofila nas folhas e fluorescência da clorofila a podem ser utilizados como ferramentas para diagnosticar a integridade do aparato fotossintético quando as plantas estão submetidas a adversidades ambientais, tendo em vista que são técnicas rápidas, precisas e não destrutivas (VAN DEN BERG & PERKINS, 2004; TORRES NETTO et al., 2005).

As análises de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila são importantes pois, por meio delas, podemos identificar o estado fisiológico das plantas em relação ao ambiente em que se encontra. Torres Netto et al. (2005), descrevem que as medidas quantificadas de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila podem ser utilizadas como ferramentas para auxiliar a integridade do aparato fotossintético frente às adversidades ambientais, ou seja, estimar o quanto a planta está conseguindo adquirir energia para produzir biomassa.

Pesquisas direcionadas a fatores ambientais interagem e complementam as demais linhas de pesquisa ligadas à produção vegetal. Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo avaliar as trocas gasosas e os níveis de clorofila em diferentes épocas de aplicação de fertilizantes na cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica da cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) possui uma grande relevância econômica, social e ambiental para o Brasil (NASSIF et al., 2012), por ser uma cultura de pequenos, médios e grandes produtores, e por apresentar enorme capacidade de agregação de valor à produção. Vários são os aspectos positivos da cana-de-açúcar e seus derivados para o país, sendo o álcool e o açúcar os mais importantes, contudo, outros produtos que também merecem destaque são o melado, a vinhaça, o bagaço, o açúcar mascavo, a rapadura e a aguardente, e este ainda é fonte de alimento para a produção animal como também bioenergia para alimentar as caldeiras das usinas (FAO, 2009).

De acordo com os dados do último levantamento feito pela Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB, 2022), a área cultivada com cana-de-açúcar destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2022/23, está estimada em 8.127,7 mil hectares, uma redução de 2,6% em relação a área colhida de 2021/22. Essa redução, juntamente com as perdas do potencial produtivo, devido às oscilações climáticas registradas ao longo do ciclo, resultou em uma redução de 1% em relação ao ano de 2021/22. Com base nesse levantamento, a estimativa é que no ciclo de 2022 o volume de produção de cana-de-açúcar seja de 572.874,9 mil toneladas.

Para a região Nordeste, espera-se uma produção de 58.342,6 mil toneladas, cerca de 8,7% superior à produção de 2021/22. Já em relação a Paraíba as condições também seguem favoráveis, principalmente no quesito climático. As precipitações registradas no ano de 2022 estão em um nível positivo e permitem um maior acúmulo de umidade nos solos e atendimento das demandas hídricas da cultura. A produção total para o Estado foi estimada em 6.816,4 mil toneladas de cana-de-açúcar, observando-se um aumento de 19,8% em relação ao ano 2021/22 (CONAB 2022).

Nota-se o crescimento nos resultados em pesquisas na área, além do considerável desenvolvimento que vem sendo empregado com o propósito de aumentar a obtenção de variedades que se adequem cada vez mais aos interesses agrônômicos e industriais (BARRRETO, 2016).

2.2 Morfologia e fenologia

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae, é uma planta C4 com alta capacidade fotossintética, apresenta maior desenvolvimento e crescimento em regiões mais quentes, com

considerável adaptação e ampla variação de condições climáticas (MATSUOKA,1996; THORBURN et al. 2003).

O desenvolvimento da cana-de-açúcar pode ser dividido em quatro estádios (figura.1). O primeiro estádio consiste na fase de brotação e estabelecimento, que leva em torno de 20 a 30 dias para a brotação, nessa fase o crescimento é lento e depende diretamente da umidade do solo. No segundo estádio ocorre o perfilhamento, que se inicia próximo aos 40 dias após o plantio e pode durar até 120 dias. No terceiro estádio acontece o crescimento dos colmos ou estágio vegetativo, que se inicia aproximadamente 120 dias após o corte ou plantio e pode durar até 270 dias para cultivos de 12 meses, e é nesse estádio que se pode considerar o mais importante, pois acumulam-se cerca de 75% da matéria seca total da cultura. No último estádio, ocorre a maturação dos colmos, iniciando entre 270 a 360 dias após o corte ou plantio e dura até seis meses. (DIOLA, SANTOS, 2010).

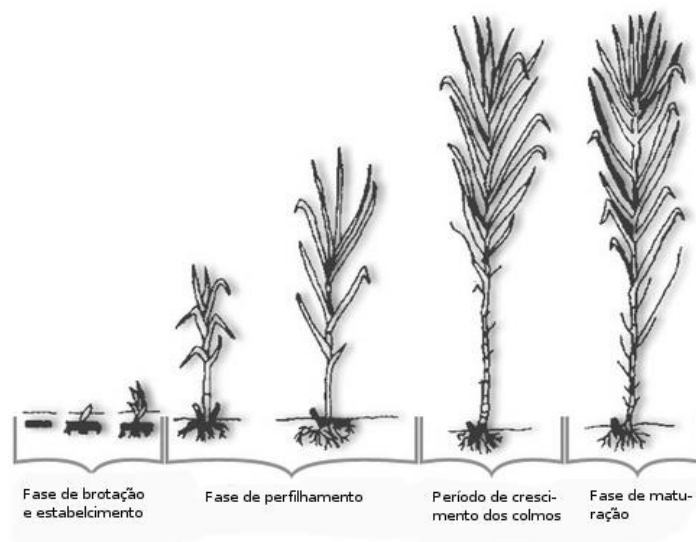


Figura 1: Estádios fenológicos da cana-de-açúcar. Adaptado por Embrapa (2022) e Gasho e Shih (1983)

O desenvolvimento da espécie apresenta-se em touceiras formadas por perfilhos das gemas presentes nos colmos da planta, já a formação da parte aérea é composta por colmos eretos ou semieretos e decumbentes, segmentados em nós e entrenós, características que são determinadas por aspectos genéticos. As folhas são completas, compostas por bainha, colar e lâmina foliar alongada e relativamente plana, com comprimento que varia entre 0,5 e 1,5 m e largura variando de 2,5 a 10 cm, após estar totalmente expandida (MARAFON, 2012).

A cana-de-açúcar tem um sistema radicular fasciculado bem ramificado. De acordo com Segato et al. (2005), aproximadamente 85% das raízes da planta são encontrados em uma profundidade de até 50cm. O tamanho dessas raízes pode ser influenciado pelo tipo de solo, manejo, variações dos fatores bióticos e abióticos bem como estresse hídrico.

Dessa forma, o processo de crescimento é estimulado pela luz, umidade e temperaturas mais elevadas, desenvolvendo o tamanho da planta e iniciando o acúmulo de açúcar na base dos colmos, e por fim, a maturação que ocorre quando o colmo atinge seu máximo armazenamento de açúcar, ou seja, sacarose pronta para a colheita (BARBOSA, 2010).

2.2.1 Fotossíntese na cana-de-açúcar

A alta eficiência produtiva da cana-de-açúcar em regiões tropicais provavelmente se relaciona com a alta taxa fotossintética sob temperaturas adequadas para o desenvolvimento da espécie. A insolação apresenta influência direta na produção de perfilhos na cana, podendo variar de acordo com a quantidade de luz recebida em certo período de tempo, dessa forma, observa-se que quanto maior a insolação, maior a produção de perfilhos na cultura (ARAÚJO, 2018).

A fotossíntese da cana-de-açúcar aumenta com a temperatura até os 30°C (CASTRO et al., 2008), ocorrendo inibição da fotossíntese e do crescimento vegetativo em temperaturas abaixo de 15 °C (SALES et al., 2013). O processo de fotossíntese se baseia em uma reação de oxido-redução entre o CO₂ (agente oxidante) e a H₂O (agente redutor), em que nessa reação os elétrons são transferidos contra um gradiente eletroquímico (TAIZ; ZEIGER, 2013).

2.2.2 Trocas Gasosas

A fotossíntese se limita quando as concentrações intercelulares de CO₂ são muito baixas, enquanto as taxas respiratórias não são afetadas. Dessa forma, observa-se o balanço negativo entre o CO₂ fixado pela fotossíntese e o produzido pela respiração e, com isso, um efluxo líquido de dióxido de carbono vindo da planta. Com o aumento da concentração de CO₂ até o ponto que esses dois processos se equilibram, a planta atinge o ponto de compensação de CO₂. Sensíveis à presença de dióxido de carbono, os estômatos se fecham sempre que a concentração aumenta na câmara sub-estomática, devido a um aumento da respiração mitocondrial, ou devido a um aumento do CO₂ atmosférico (LARCHER, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004). Silva, et al.

(2010), afirma que o movimento estomático é o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores.

A taxa fotossintética em plantas estressadas é comprometida com o fechamento estomático devido à redução no influxo de CO₂. Porém, esse comprometimento irá depender da intensidade e duração do estresse hídrico (SALES et al., 2012; ZIVCAK et al., 2013). As plantas que estão em condições de estresse moderado tendem a manter a fotossíntese relativamente constante, já nas que são mantidas sobre estresse hídrico severo, a taxa fotossintética reduz acentuadamente (DIAS; BRÜGGEMANN, 2010; GONÇALVES et al., 2010).

Em nível celular, a relação entre fotossíntese e respiração são processos básicos para absorção de carbono. Em nível de organismo, o crescimento da planta pode ser relacionado com a taxa de assimilação líquida e de partição e alocação do carbono assimilado (TEJERA et al., 2007).

2.2.3 Pigmentos fotossintetizantes

Os pigmentos envolvidos na fotossíntese são as clorofilas *a*, *b*, e os carotenoides, e são esses os responsáveis pela captação da energia luminosa para conversão em energia química (TAIZ; ZEIGER, 2013). A clorofila *a* é o pigmento utilizado para realizar a etapa fotoquímica da fotossíntese, já os carotenoides são chamados de pigmentos acessórios, pois esses cooperam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação (STREIT et al., 2005).

Os carotenoides são pigmentos amarelos ou alaranjados, que se localizam nas lamelas dos cloroplastos, em estreita associação com as clorofilas, o que permite a transferência de energia para as mesmas (TAIZ; ZEIGER, 2013). As clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, está diretamente ligado com seu crescimento e adaptabilidade as diferentes condições ambientais (SILVA et al., 2011; 2014).

2.2.4 Fatores que afetam o crescimento

Gilbert (2006), destacou a importância de fatores que possam intervir na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar ao final do ciclo, figuram a integração das diferentes condições às quais a cultura foi submetida. No crescimento da cana alguns fatores são fundamentais, como a radiação solar, temperatura e água. A radiação solar correspondente à fotossíntese e ao

acúmulo de açúcares, além de influenciar no perfilhamento, enquanto a temperatura por sua vez afeta o crescimento da planta, o sistema radicular e também a emissão de folhas, por fim, a água determina todo o progresso da cultura (CANAL BIOENERGIA, 2015).

A cana-de-açúcar por ser uma planta C4 tem uma alta taxa fotossintética. Segundo Camargo (1968), quando a cana é cultivada em pleno solo os colmos se apresentaram mais grossos, mais curtos, as folhas mais largas e verdes e o perfilhamento foi mais intenso. Já com o aumento da temperatura acima de 20°C, ocorre aumento no comprimento, número de internódios (PLANALSUCAR, 1986), assim pode se observar que a temperatura ideal para o desenvolvimento é na faixa de 20 a 35°C (CASAGRANDE, 1991).

Em relação ao solo, fatores físicos como textura, estrutura, coesão, capacidade de retenção de água e estabilidade intervêm na resistência da camada superficial ao rompimento pelos perfilhos da cana-de-açúcar, assim a capacidade de perfilhamento da cultura está relacionada com esses fatores (MAGRO et al., 2011). Destaca-se também a importância das técnicas de manejo, que desempenham um papel essencial na produtividade e na qualidade da cana-de-açúcar especialmente às técnicas de manejo do solo (AGEITEC, Sd.).

Segundo Marin (2008), condições climáticas influenciam em 43% da eficiência produtiva da cana-de-açúcar, pela radiação solar, deficiência hídrica, temperatura máxima, mínima e precipitação. Já o solo é responsável por 15%, e por fim os fatores socioeconômicos, biológicos e de manejo representam em conjunto 42% na produtividade da cana-de-açúcar.

2.3 Manejo da adubação em cana-de-açúcar

O manejo da adubação adequado inclui o suprimento de nutrientes, os aspectos físicos e biológicos, que em conjunto com o clima e o manejo de variedades, são fatores de suma importância para qualquer programa que busque altas produtividades. A recomendação de adubação tem por objetivo elevar os teores de nutrientes no solo a níveis considerados adequados para cada cultura (BECARI, 2010).

Segundo Rosseto et al. (2008a), a adubação é um importante fator para aumentar a produtividade e na cultura da cana-de-açúcar, é responsável por entre 17% e 25% de todos os custos do plantio. As exigências nutricionais da cultura e os teores de nutrientes removidos pela planta são considerados de grande relevância para se indicar as quantidades de nutrientes a serem fornecidos (COLETTI et al., 2002).

De acordo com Vitti et al. (2016), o diagnóstico da fertilidade do solo e as práticas corretivas (calagem, gessagem e fosfatagem), práticas conservacionistas (adubação verde e

orgânica), são as práticas iniciais do manejo, em seguida o uso de fertilizantes na cultura da cana, finalizando com a aplicação do adubo mineral. Vale destacar que as práticas corretivas e conservacionistas têm o objetivo de aumentar a eficiência do fertilizante mineral, promovendo maior desenvolvimento radicular, ocasionando maior absorção de água e de nutrientes.

O manejo da adubação na cultura de cana-de-açúcar resulta em avanços produtivos da cultura a diversos ambientes, logo, o fornecimento de NPK na fundação e no desenvolvimento possui uma grande relevância, auxiliando em todo ciclo produtivo, evitando perdas de nutrientes por lixiviação, evaporação e pela baixa taxa de absorção das plantas (LARCERDA et al., 2019).

2.3.1 Aplicação foliar

Nos últimos anos vemos uma maior quantidade de pesquisa a respeito da adubação foliar, essa se trata de uma aplicação localizada, realizada no momento adequado, orientado para o tecido alvo, com volume limitado, diminuindo o impacto ambiental (FERNÁNDEZ; EICHERT, 2009). Não se limitando apenas em aplicações de soluções de nutrientes nas folhas, essa adubação pode ser estendida aos ramos novos e adultos das plantas por meio de pulverizações que é designado de adubação foliar (MOCELLIN., 2004).

Uma alternativa para contribuir com o aumento da produtividade, pode vir a ser o manejo nutricional via adubação foliar, porém, alguns fatores podem influenciar no resultado esperado, são eles a absorção foliar de nutrientes, variedade e tipo de planta, fase fenológica de crescimento, composição do fertilizante foliar, características dos nutrientes e fatores ambientais, como temperatura, iluminação e umidade (FERNÁNDEZ; SOTIROPOULOS; BROWN, 2015).

Eibner (1986), destacou que o estágio de desenvolvimento que a planta se encontra está ligado com a taxa de absorção foliar, e expõe que a melhor oferta do nutriente é sempre no estágio de maior consumo deste pela planta. A cana-de-açúcar apresenta uma alta correlação entre a raiz e a parte aérea no estágio de maior crescimento, e de acordo com a idade da planta esse fator decai, reduzindo na fase de maturação.

Segundo Prado (2002), a eficiência dessa adubação é notória, apresentando alta utilização dos nutrientes, aplicação conjunta e resposta rápida, no entanto, pode apresentar baixo efeito residual ou incompatibilidade pelo produto. Outros benefícios são mostrados por Sekhon (2003), como menores taxas de aplicação, tem um efeito imediato sobre a cultura, a

aplicação é mais uniforme e por se usar pequenas quantidades, não se acumulam em níveis nocivos.

A aplicação de nutrientes em solução ou suspensão na parte aérea da planta pode ser utilizada como adubação suplementar à adubação no solo, tendo em vista que há uma relação entre o índice de utilização pelas plantas em relação à aplicação no solo (ORLANDO FILHO et al., 2001). De acordo com Mellis et al. (2016), a cana-de-açúcar pode responder de forma bastante promissora a aplicação foliar de micronutrientes, pois desempenham funções vitais no metabolismo das plantas, tanto pela participação de compostos responsáveis por processos metabólicos e fenológicos, como por ativadores enzimáticos (JAMRO et al., 2002).

Dessa forma, uma nutrição correta do canavial é o que garantirá que no futuro os resultados sejam satisfatórios, e vale ressaltar que a adubação deve ser feita com os macros e micronutrientes, além do fornecimento de condições hídricas, temperatura, insolação e manejo adequados, com isso serão obtidos resultados promissores na produção (NICCHIO et al., 2020).

3 METODOLOGIA

3.1 Localização do experimento

O trabalho realizou-se na Fazenda Experimental Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, no município de Areia-PB (figura 2). Está localizada na microrregião do Brejo Paraibano, com latitude $6^{\circ} 58' 12''$ S, longitude $35^{\circ} 45' 15''$ W, e a uma altitude de 575 m. O clima da região é o do tipo As', segundo classificação de Köppen, caracterizado como quente e úmido (ALVARES et al., 2013), com período chuvoso entre janeiro e julho. A temperatura média oscila entre 18 e 29° C, com variações mensais mínimas e apresenta precipitação média anual de 1.305 mm.

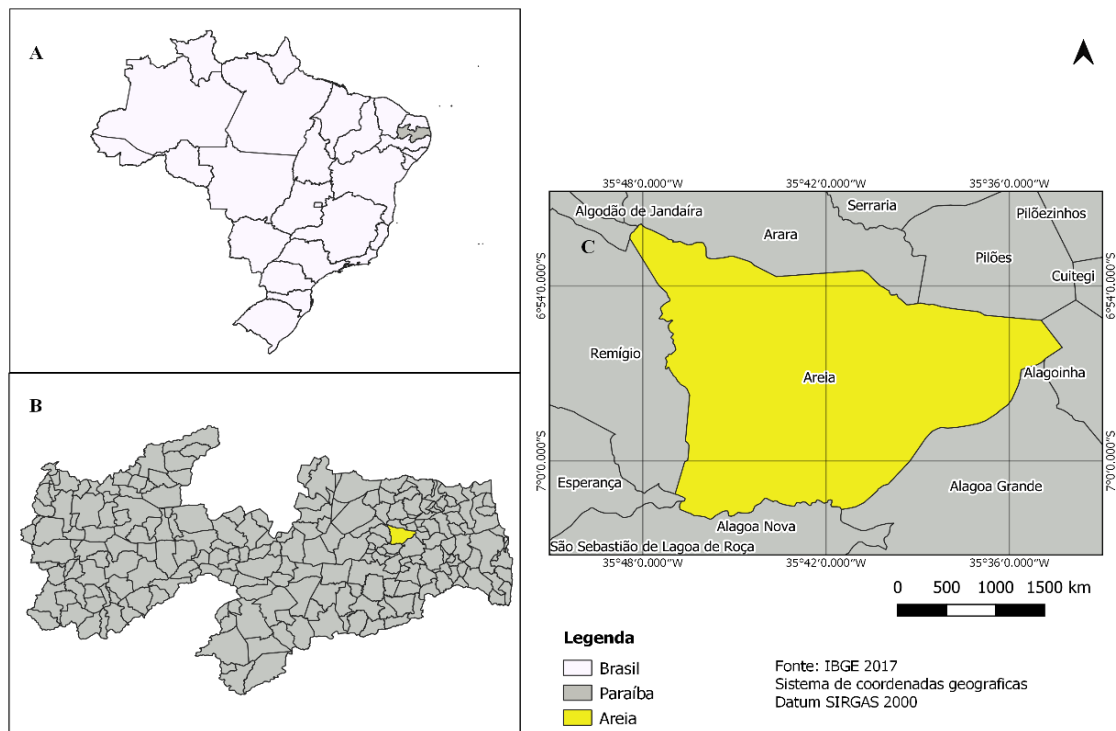


Figura 2. Mapa de localização. Fonte: autor (2020)

3.2 Condução do experimento

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial $2 \times (4+1)$ sendo 2 genótipos de cana-de-açúcar (RB867515 e RB041443) x 4 épocas de aplicação dos produtos (0 + 90 + 120 DAP, 0 + 90 + 150 DAP, 0 + 120 + 180 DAP, 0 + 90 DAP + período em que a folha +1 secar completamente) mais a testemunha absoluta, referente a ausência de

aplicação dos produtos, contendo assim 10 tratamentos com 4 repetições e um total de 40 unidades experimentais. No experimento foram realizadas aplicações de fertilizantes destinados a cultura da cana-de-açúcar para uso no tratamento de toletes e aplicações foliares.

Os fertilizantes aplicados em fundação foram o Molibdato de Potássio + Aminoácido complexo de nutrientes + Complexo Nutricional e, os aplicados via foliar foram o Molibdato de Potássio + Fertilizante Mineral + Nitrogênio líquido + complexo de nutrientes + ácido bórico. Tabela 1 encontram-se a composição destes produtos. As doses dos produtos destinados a aplicação em fundo de sulco e via foliar para as 32 parcelas do experimento estão descritas na Tabela 2.

Tabela 1. Composição dos produtos empregados no experimento.

PRODUTOS	N	K ₂ O	COT	S	B	Cu	Mn	Mo	Zn
	%								
Molibdato de Potássio	-	12	-	-	-	-	-	14	-
Aminoácido complexo de nutrientes	9,0	3,0	11,5	-	-	-	-	-	-
Complexo Nutricional	-	1,0	-	13,8	3,0	5,0	13,1	-	7,8
Fertilizante Mineral	-	1,0	-	11,2	4,0	1,5	9,8	2,0	10
Nitrogênio Líquido	32	-	-	-	-	-	-	-	-
Ácido bórico	-	1,0	-	-	16,40	-	-	-	-
TOTAL	41	18	11,5	25	23,40	6,5	22,9	16	17,8

K₂O = óxido de potássio; COT = Carbono orgânico

FONTE: Laboratório da empresa UBY AGROQUÍMICA LTDA. (2019).

Tabela 2. Doses de aplicação dos produtos empregados no experimento

PRODUTOS	Fundo de sulco	Aplicação foliar	
		Primeira	Segunda
Doses / 32 parcelas			
Molibdato de Potássio	38 ml	23 ml	23 ml
Aminoácido complexo de nutrientes	75 ml	38 ml	38 ml
Complexo Nutricional	225 g	-	-
Fertilizante Mineral	-	75 g	75 g
Nitrogenio Liquido	-	150 ml	150 ml

Ácido bórico	-	38 g	38 g
--------------	---	------	------

FONTE: Laboratório da empresa UBY AGROQUÍMICA LTDA. (2019).

Fertilizantes para fundo de sulco foram aplicadas integralmente no dia do plantio (0 DAP) sendo pulverizados sob os toletes. Já as doses dos fertilizantes foliares foram fracionadas em duas aplicações, essas aplicações foliares ocorreram no tratamento 1 e 6 aos 90 e 120 DAP, no tratamento 2 e 7 aos 90 e 150 DAP, no tratamento 3 e 8 aos 120 e 180 DAP e no tratamento 4 e 9 aos 90 DAP e a segunda aplicação no período em que a folha +1 secar completamente, respectivamente.

Os produtos foram aplicados de forma manual através de pulverizador costal com 20 litros de capacidade a partir das 16 horas, sendo este o horário mais recomendado para reduzir perdas, e a aplicação foi feita seguindo as recomendações do fabricante. Cada parcela do experimento constituiu-se por 4 sulcos de 6,5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 1,2 m e entre parcela de 1,50 m totalizando em 23,4 m² por parcela e resultando em uma área de 93,6 m² por tratamento, ocupando uma área total do experimento de 1.406 m².

3.3 Preparo do solo e plantio

O experimento foi realizado em um Latossolo Amarelo distrófico. No preparo da área foi feita previamente a limpeza do local com auxílio de um trator, e posteriormente foi realizada a gradagem e abertura dos sulcos para assim poder ser iniciado o plantio. Em relação a adubação e calagem essas foram feitas de acordo com a análise de solo (tabela 3), observando as necessidades da cultura da cana-de-açúcar. A tabela de atributos químicos da área do experimento se encontra abaixo:

Tabela 3. Atributos químicos do solo utilizado no experimento.

pH	M.O	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	SB	H ⁺ + Al ⁺³	Al ⁺³	CTC
H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----
5,9	46,83	1,46	25,26	3,69	2,04	0,07	5,86	4,50	0,00	10,37

M.O= matéria orgânica; SB= saturação por bases; CTC= capacidade de troca de cátions. Fonte: LABORATÓRIO DE SOLOS, UFPB (2020)

A abertura dos sulcos foi executada mecanicamente numa profundidade de 20 a 30 cm, em seguida foi realizada a adubação com fontes de NPK que ocorreram de forma manual com aplicações em fundação e em cobertura aos 90 dias após o plantio, seguindo as recomendações

do manual de adubação da Paraíba (UFPB). As mudas utilizadas no experimento foram provenientes da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN), em relação as variedades utilizadas foram a RB867515 e RB041443. O plantio foi realizado de forma manual com 14 a 16 gemas por metro, sendo distribuído os toletes dentro do sulco no padrão pé e ponta, e posteriormente realizado o corte dos toletes em pedaços menores até 60 cm dentro do sulco.

3.4 Variáveis Analisadas

3.4.1 Trocas gasosas

Para coleta dos dados de trocas gasosas, foram medidas: a taxa de fotossíntese (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a eficiência instantânea no uso da água ($E_i\text{UA} - A/E$) calculada relacionando-a à fotossíntese líquida com a transpiração [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$], e a eficiência instantânea de carboxilação ($E_iC - A/C_i$) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$] a partir da relação entre a fotossíntese líquida e a concentração interna de carbono. As leituras foram realizadas em folhas saudáveis, não destacadas e completamente expandidas a partir da utilização de um analisador portátil de gás carbônico no infravermelho (IRGA) (Licor 6400 XL) sob condições atmosféricas naturais. As medições foram realizadas no período das 10h00 às 11h00 horas, aos 120 e 160 dias após o plantio (DAP).

3.4.2 Eficiência fotoquímica

A fluorescência da clorofila “a” foi medida e determinada os seguintes parâmetros: fluorescência mínima da folha adaptada ao escuro (FO), fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro (Fm), fluorescência máxima variável ($F_v = F_m - F_O$), eficiência quântica potencial do FSII (F_v/F_m) e a razão F_v/F_O . As medidas de fluorescência da clorofila foram realizadas em folhas intactas, ligadas à planta e adaptadas previamente ao escuro, por 30 minutos, a partir das 10 horas, aos 120 e 160 dias após o plantio (DAP). Para realização das medições, utilizou-se o fluorômetro modulado (Sciences Inc.- Model OS-30p, Hudson, USA).

3.4.3 Clorofila total (a+b)

Foram coletadas as leituras de clorofila $a + b$ com auxílio de um clorofilômetro Clorofilog®. Realizaram-se as coletas em função da altura média da cana planta (aproximadamente 20, 40, 60 cm de altura), fazendo a leitura posicionando o clorofilômetro no terço médio das folhas +1 (a primeira com aurícula visível), retirando a nervura foliar para melhor eficácia das leituras. Ocorreram 10 repetições em folhas diferentes, em que foi selecionada uma planta por parcela dos blocos dois e três, e foram utilizadas as médias indicadas pelo equipamento como valor final de leitura.

3.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F, e posterior teste de médias, sendo as médias comparadas pelos critérios de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R® versão 4.22.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, houve efeito significativo ($p < 0,01$) para os genótipos na variável fluorescência inicial (F0). As variáveis com efeito significativo observados foram a fluorescência máxima, fluorescência variável, razão da fluorescência variável, fluorescência inicial (Fv /F0), rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm), Clorofila “a”, clorofila “b” e clorofila total, quando analisadas na interação entre genótipo e época de aplicação.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (F0), máxima (Fm) e variável (Fv), razão Fv/F0 (Fv/F0), rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm), Clorofila “a” (CloA), “b” (CloB) e total (CloT).

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio							
		F0	Fm	Fv	Fv/F0	Fv/Fm	CloA	CloB	CloT
Genótipos (G)	1	3060.30 **	5187.7 ns	279.1 ns	2.939 *	0.0087 *	4.563 ns	0.468 ns	7.957 ns
Época (E)	4	189.83 ns	7325.5 ns	6205.3 *	1.047 ns	0.0031 ns	21.419 *	3.274 ns	36.860 *
Interação (G x E)	4	317.55 ns	10322.4 *	10793.5 **	2.407 **	0.0080 **	24.858 *	4.803 **	45.582 *
Blocos	2	562.50 ns	1755.6 ns	330.6 ns	0.746 ns	0.0005 ns	10.201 ns	3.782 ns	26.406 ns
Resíduo	18	202.28	2554.6	1881.9	0.458	0.0012	6.516	1.175	11.920
CV (%)		11.7	11.0	12.9	18.2	3.8	8.7	11.9	9.0

ns, *, ** - Não significativo, significativo à $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Na figura 3, observa-se que a variedade RB041443 obteve uma maior taxa de fluorescência inicial quando comparada a variedade RB867515, porém esses valores obtidos ainda ficam abaixo dos citados por Gonçalves et al. (2005), que ficaram por volta de 500 para plantas saudáveis. Nesse caso, as alterações nesses valores estão relacionadas aos estresses do ambiente. Estudos com diferentes espécies forrageiras como capim-do-nilo, capim-angola, capim-setária e capim-hermatria submetidas à restrição hídrica, apresentaram quedas nos valores de fluorescência inicial, com o surgimento de danos no centro de reação à medida que a severidade do estresse aumentava com o avanço do período de estresse (SILVA et al., 2006).

A fluorescência inicial (F0) representa a emissão de luz pelas moléculas de clorofilas excitadas, antes da energia ser dissipada para o centro de reação do fotossistema II (PSII), sendo independente dos eventos fotoquímicos. É um valor referência para a determinação das outras variáveis da fluorescência (HIPKINS; & BAKER, 1986). O valor de F0 pode ser alterado por estresses do ambiente que causam modificações estruturais nos pigmentos fotossintéticos do PSII. Estresse por temperaturas infra ótimas decresce significativamente os valores de F0 e o

estresse por temperaturas supra ótimas é caracterizado por incrementar drasticamente os valores de F0 (SCHREIBER; BERRY, 1987).

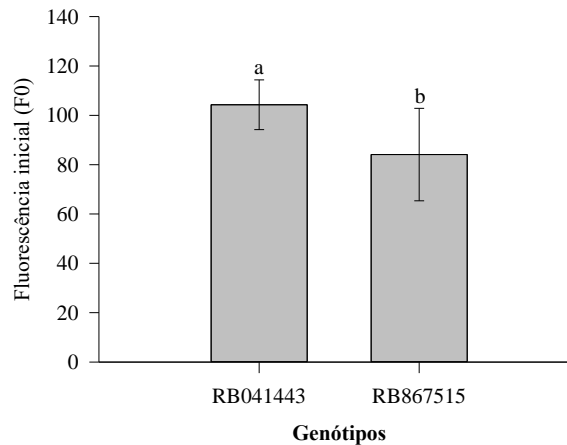


Figura 3. Fluorescência inicial em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes níveis de adubação.

Barras seguidas de letra minúscula semelhantes não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

A fluorescência máxima (Fm) é o valor máximo de fluorescência de clorofila obtido para uma intensidade de luz contínua, obtida quando todos os centros de reação do PSII estão oxidados e adaptados ao escuro (CATUNDA et al., 2005). Observou-se diferença significativa entre os tratamentos (figura 4). A testemunha quando comparada com a aplicação em diferentes épocas de fertilização apresentou seu nível de fluorescência máxima próximo das plantas submetidas aos tratamentos com fertilizantes, apenas nas épocas de aplicação 0-90-120 DAP e 0-120-180 DAP. Santos (2011), relatou que com cultivares de cana-de-açúcar submetidas à restrição hídrica, a diminuição dos níveis de água no solo e o avanço do período de estresse ocasionaram reduções na fluorescência máxima (Fm). Assim, podemos relacionar esses resultados aos encontrados com o autor supracitado, além de que o uso dos fertilizantes não influenciou de forma significativa na época de fertilização 0-90-150 DAP e 0-90- Folha seca +1.

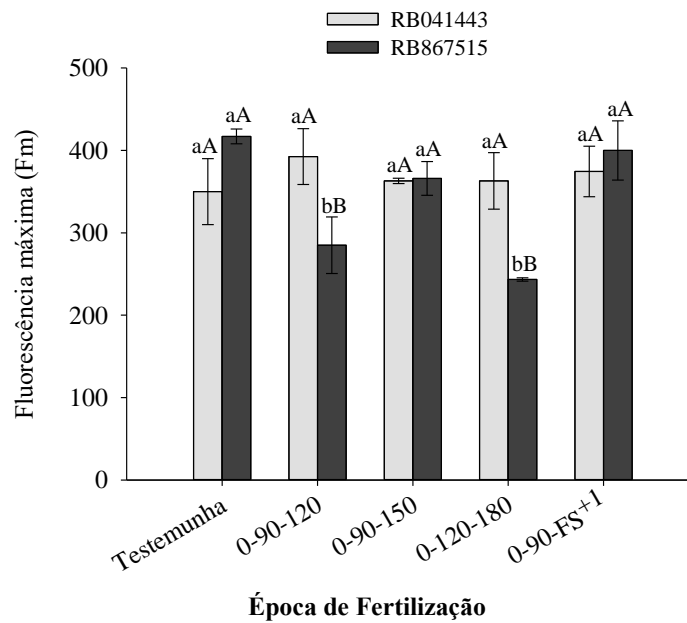


Figura 4. Fluorescência Máxima em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes níveis de adubação.

Barras seguidas de letra minúscula semelhantes dentro do mesmo genótipo não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$). Barras seguidas de letra maiúscula semelhantes dentro da mesma época de fertilização não difere estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Na figura 5, observa-se que os resultados da razão FV/F_0 entre as variedades RB041443 e RB867515, deferiram estatisticamente durante as épocas de aplicação 0-90-120 DAP, 0-90-150 DAP, 0-120-180 DAP. Em relação a época de fertilização observou-se uma influência na última aplicação. Dessa forma, os valores das variedades que receberam tratamento foram abaixo da testemunha RB867515, que pode ser explicado por mudanças que levaram as plantas a níveis de estresse e que assim os fertilizantes não influenciaram no resultado final.

Fluorescência variável é uma relação dependente dos valores de fluorescência máxima e da fluorescência inicial, sendo a resposta mais importante da planta, quando relacionada à fluorescência de folhas adaptadas ao escuro. Quanto maior a F_v maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos 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). A razão F_v/F_0 tem sido recomendada para detectar mudanças induzidas pelos estresses (LICHTENTHALER et al., 2005) essa razão pode fornecer uma estimativa da capacidade fotossintética da planta.

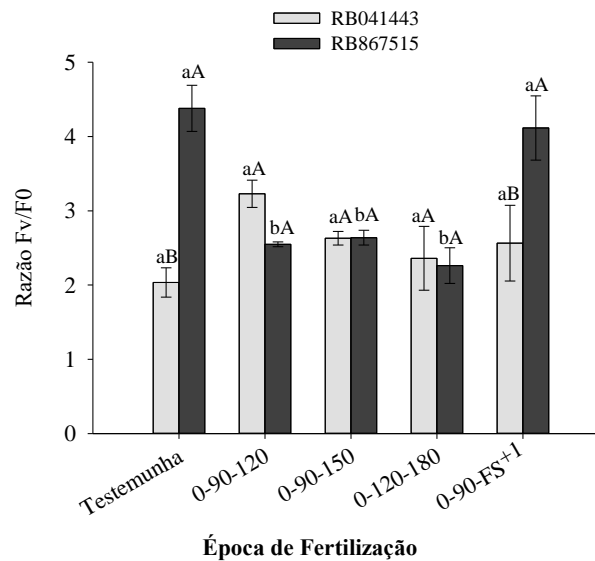


Figura 5. Razão Florescência variável e Florescência Inicial (Fv/F0) em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes níveis de adubação. Barras seguidas de letra minúscula semelhantes dentro do mesmo genótipo não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$). Barras seguidas de letra maiúscula semelhantes dentro da mesma época de fertilização não difere estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Na tabela 5, para as variáveis de assimilação líquida de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC), não observou-se efeito significativo para os genótipos. Nota-se que, para a época foi verificada uma diferença significativa para as variáveis de assimilação líquida de CO₂ (A) e concentração interna de CO₂ (Ci), enquanto na interação genótipo e época observou-se resultados significativos para a razão da clorofila a/b, concentração interna de CO₂ (Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC).

Tabela 5. Resumo da análise de variância razão da clorofila a/b (CloA/B), assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), transpiração foliar (E), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea do uso da água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) em dois genótipos de cana-de-açúcar (RB867515 e RB041443) com diferentes épocas de aplicação de fertilizantes.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio							
		<u>Cloa/b</u>	<u>A</u>	<u>gs</u>	<u>E</u>	<u>Ci</u>	<u>EUA</u>	<u>EiUA</u>	<u>EiC</u>
Genótipos (G)	1	0.1916 *	8.384 ^{ns}	0.0012 *	1.030 *	116.0 ^{ns}	4.580 *	15840 *	0.0003 ^{ns}
Época (E)	4	0.0325 ^{ns}	12.842 *	0.0004 ^{ns}	0.345 ^{ns}	1130.5 *	1.182 ^{ns}	2470 ^{ns}	0.0004 ^{ns}
Interação (G x E)	4	0.1563 **	6.089 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.243 ^{ns}	4201.2 **	0.154 ^{ns}	2862 ^{ns}	0.0017 **
Blocos	2	0.0381 ^{ns}	4.479 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	0.141 ^{ns}	81.6 ^{ns}	1.064 ^{ns}	9227 *	0.0004 ^{ns}
Resíduo	18	0.0247	3.267	0.0002	0.150	282.4	0.960	2285	0.0003
CV (%)		3.8	20.9	29.5	21.2	10.8	15.7	18.7	25.2

ns, *, ** - Não significativo, significativo à $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente

A fluorescência da clorofila *a* é usada para monitorar o processo fotossintético, e assim se conseguir informações sobre a inibição, danos na transferência de elétrons no PS II (ZHAO et al., 2011), ou para detectar perturbações no sistema fotossintético (BAKER; ROSENQVST, 2004). A clorofila *b* é um pigmento suplementar na proporção de 3:1, porém estudos já relataram valores maiores, essa proporção irá mudar de acordo com as condições de crescimento e fatores ambientais (GROSS, 1991).

Em relação a clorofila *a* e *b* (figura 6 A e B, respectivamente) observou-se diferença significativa entre o genótipo e época apenas em duas fases na fertilização, sendo essas 0-90-120 DAP e 0-120-180 DAP, e que a clorofila *a* esteve presente em concentrações maiores nas plantas com relação à clorofila *b*. De acordo Taiz e Zeiger (2009), provavelmente as variedades estavam em condições normais quanto aos teores deste pigmento. Já em relação a clorofila *a/b* (Figura 6 C), nota-se que na maior parte essa relação se manteve acima dos 3, e como relatado por Larcher (2006), isso caracteriza essas plantas como de metabolismo C4.

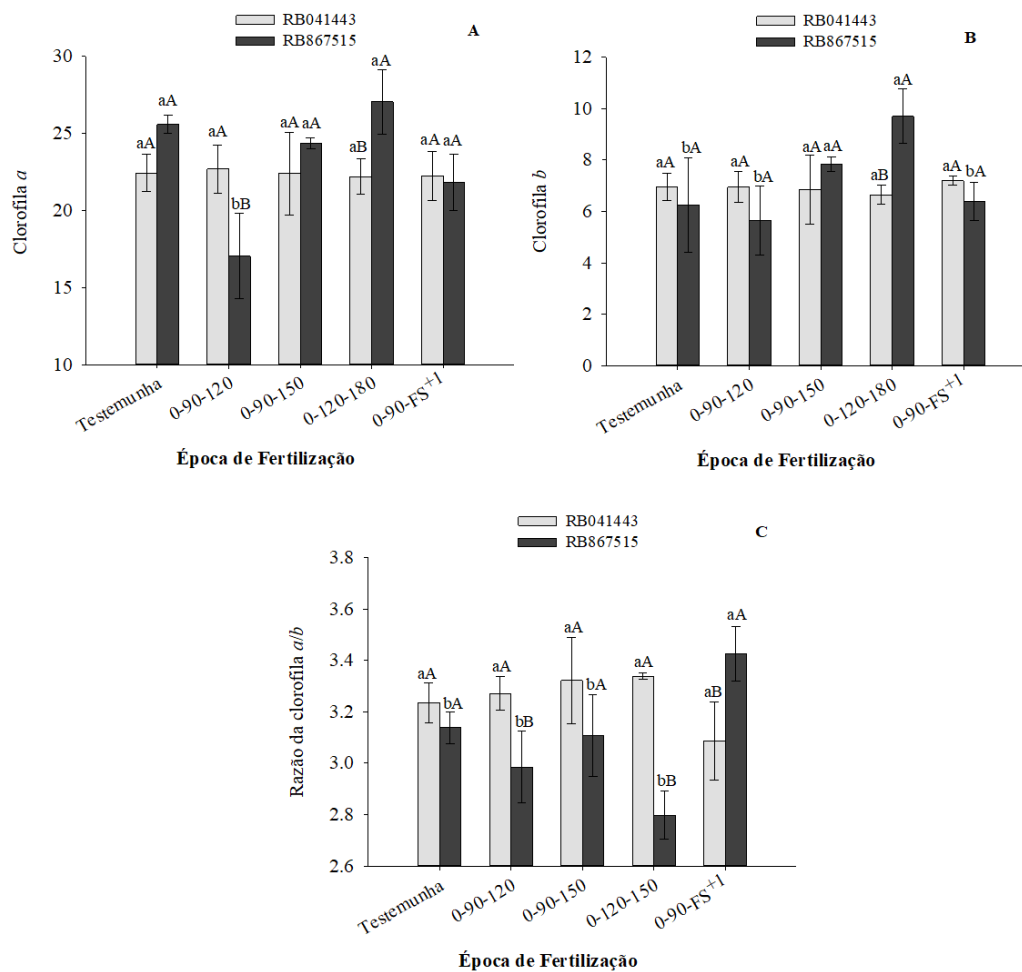


Figura 6. Valores de clorofila *a*, *b* e total em duas variedades de cana de açúcar.

Barras seguidas de letra minúscula semelhantes dentro do mesmo genótipo não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$). Barras seguidas de letra maiúscula semelhantes dentro da mesma época de fertilização não difere estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Observando ambos os gráficos (figura 7), a variedade RB867515 teve uma resposta superior nas variáveis condutância estomática e transpiração foliar a variedade RB041443. Para a transpiração foliar os valores continuam abaixo dos encontrados na literatura de acordo com TORRES et al. (2012), os valores médios de transpiração para a variedade RB 867515 ($2,85 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e para outras como a RB 855156 ($2,87 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e SP 80-1816 ($2,72 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Esse valor inferior pode ser explicado devido as condições de déficit hídrico, plantas menos tolerantes à seca, com pouca capacidade de ajustamento osmótico, fecham os estômatos numa tentativa de restringir a perda de água pela transpiração (MEDEIROS et al., 2013; GUAN et al., 2015). Esse fechamento estomático afeta diretamente a assimilação fotossintética do carbono, e conseqüentemente pode influenciar o crescimento e a produtividade das culturas (FAROOQ et al., 2009; SILVA et al., 2012; 2015).

A limitação da condutância estomática com o estresse hídrico contribui na diminuição da concentração intracelular de CO_2 (C_i), é possível observar que a condutância estomática é um fator que possui uma grande relevância na fotossíntese. Dessa forma, conclui-se que a fertilização não influenciou nessas variáveis.

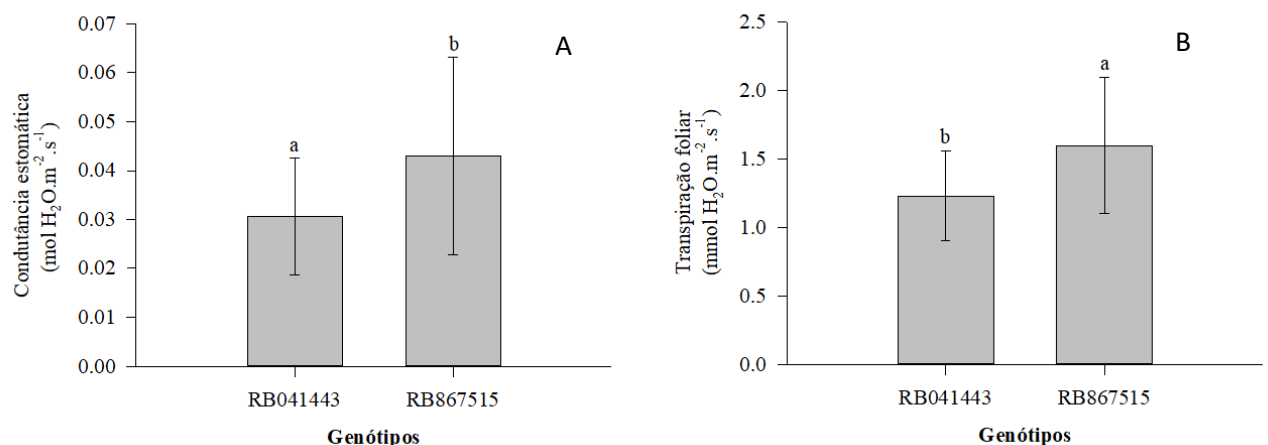


Figura 7. Condutância estomática e transpiração foliar em variedades de cana-de-açúcar submetidas a adubação com fertilizantes minerais mistos em diferentes épocas

Barras seguidas de letra minúscula semelhantes não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Na figura 8, a melhor resposta obtida de concentração interna de CO₂ foi na 0-90 a 150 DAP para a variedade RB041443, apresentando valores superiores a testemunha e a outra variedade estudada. Esses valores ainda estão abaixo dos encontrados por Faria et al. (2012), com média de 190,79 mmol m², no entanto, um pouco superior aos encontrados por Wanderley Filho (2011), que obtiveram resultados de 100 mmol m².

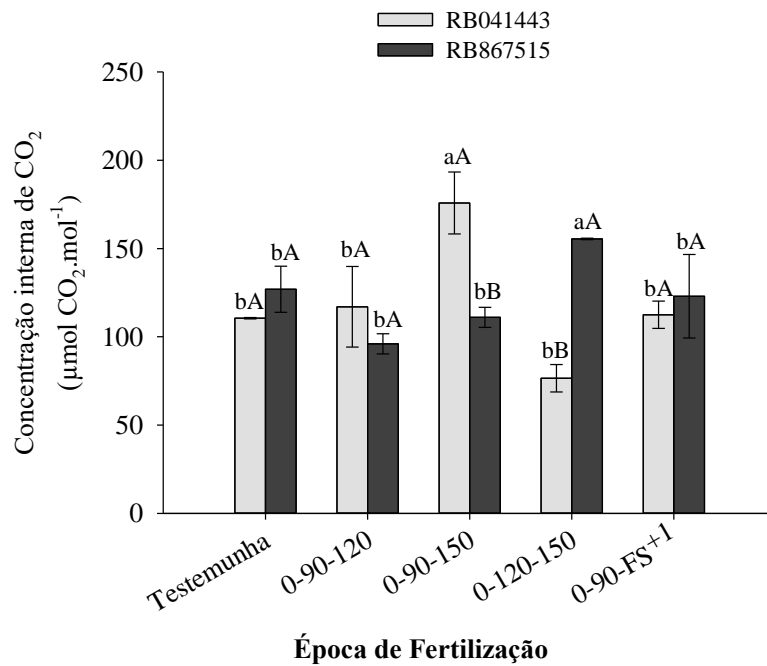


Figura 8. Concentração interna de CO₂ em variedades de cana-de-açúcar submetidas a adubação com fertilizantes minerais mistos em diferentes épocas. Barras seguidas de letra minúscula semelhantes não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

5 CONCLUSÕES

1. O uso de fertilizantes em diferentes épocas de aplicação e genótipos de cana-de-açúcar promoveu melhor desenvolvimento da cultura.
2. A aplicação de fertilizantes em função de diferentes épocas de aplicação e genótipos de cana-de-açúcar mostrou melhores respostas para a fluorescência máxima, fluorescência variável, razão da fluorescência variável e fluorescência inicial (F_v / F_0), rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v / F_m), Clorofila “a”, clorofila “b” e clorofila total.
3. O uso de fertilizantes em diferentes épocas de aplicação na cana-de-açúcar promoveu maior concentração de CO_2 , aproximando-se de resultados encontrados na literatura.

REFERÊNCIAS

- AGEITEC. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Árvore do conhecimento, Cana-de-açúcar. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.
- Agronomy and Crop Science, Berlin, v. 32, p. 185-196, 2000.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.721-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.
- ARAÚJO, R.M.; OLIVEIRA, R.A.; CUADRA, S.V.; ALMEIDA, I.R.; WEBER, H. Condições agrometeorológicas para perfilhamento máximo da cultura de cana-de-açúcar em dois ambientes distintos de produção. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v25i1.26287>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.
- 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh196>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.
- BAKER, R. N. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo. Annual Review of Plant Biology, v.59, p.89-113, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.
- BARBOSA, F. S. **Resistência à seca em cana-de-açúcar para diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2010. Disponível em: [10.11606/D.11.2011.tde-08022011-085135](https://repositorio.usp.br/handle/11362/44111). Acesso em: 22 de setembro de 2022.
- BARRETO, F. Z. **Caracterização fenotípica e molecular do painel brasileiro de genótipos de cana-de-açúcar**. 2016. 14p. Dissertação (Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados) – Universidade Federal de São Carlos, Araras. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10901>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.
- BECARI, G. R. G. **Resposta da cana-planta à aplicação de micronutrientes**. 2010. 79p. Dissertação (Pós-Graduação Em Agricultura Tropical E Subtropical) - Instituto Agrônomo, Campinas. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/pb1214908.pdf>. Acesso em 22 de setembro de 2022.
- CAMARGO, P.N. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 1968. 38p.
- CANAL BIOENERGIA. **O Clima e sua Influência na Produtividade da Cana-de-Açúcar** 2015. Disponível em: <https://www.canalbioenergia.com.br/experimento-permite-entender-a-resposta-da-cana-de-acucar-aos-fatores-climaticos/>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.
- CASAGRANDE, A.A **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2008. 864 p.

CATUNDA, M.G.; FREITAS, S.P.; OIVEIRA J.G.; SILVA, C.M.M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.115-121, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000100014>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.

COLETTI, J. T.; CASAGRANDE, J.C.; STUPIELLO, J.P.; RIBEIRO, R.D.; OLIVEIRA, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em argissolos, variedades RB835486 e SP81 3250. *In*: Congresso Nacional da Sociedade dos técnicos açucareiros e alcooleiros do Brasil, 2002, Recife. **Anais [...]** Piracicaba: Stab, 2002. p.316-321. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001533803>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-Açúcar, Safra 2022/23. v. 9, n. 2. Agosto/2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento** Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. cana-de-açúcar. 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safrade-cana-de-acucar/item/download/32979_88b84286b1b3ca8a99aaaa5f7ae6d68c. Acesso em: 27 de setembro 2022.

DIAS, M. C.; BRÜGGEMANN, W. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: gas exchange, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes. **Photosynthetica**, v. 48, n. 1, p. 96-102, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11099-010-0013-8>. Acesso em: 27 de setembro 2022.

DIOLA, V.; SANTOS, F. **Fisiologia**. *In*: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.) Cana-de-açúcar: Bioenergia, açúcar e álcool: Tecnologias e perspectivas. Viçosa: [S.n.], 2010. 577 p.

EIBNER, R. **Important for productivity of modern plant cultivation**. *In*: first international symposium on foliar fertilization, 1., 1985, Berlin. Foliar Fertilization. Dordrech: Martinus Nijhoff Publishers, v. 1, p. 3 – 13, 1986.

EMBRAPA. **Cana**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20o%20maior,tecnologia%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20etanol>. Acesso em 27 de setembro 2022.

FAO. **Statistical yearbook 2013: world food and agriculture**. Disponível em: Food and Agriculture Statistics | FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations. Acesso em: 05 set 2022.

FARIA, A.T.; SARAIVA D.T.; PEREIRA, A.M.; ROCHA, P.R.R.; SILVA, A.A.; SILVA, D.V.; PEREIRA, E.A.; BENEVENUTE, S.S. Atividade fisiológica da cana-de-açúcar após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 171-178, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v12i2.218>. Acesso em 27 de setembro 2022.

FAROOQ M., WAHID A., KOBAYASHI N., FUJITA D., BASRA S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, p. 185-212, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>. Acesso em 27 de setembro 2022.

FERNÁNDEZ, V.; EICHERT, T. Uptake of Hydrophilic Solutes Through Plant Leaves: Current State of Knowledge and Perspectives of Foliar Fertilization. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 28, n. 1/2, p.36-68, 19, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07352680902743069>. Acesso em 27 de setembro 2022.

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P. **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. São Paulo: Abisolo, 2015. 150 p.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. **Sugarcane**. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (Ed.). Cropwater relations. New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479.

GILBERT, R.A.; SHINE JUNIOR, J.M.; MILLER, J.D.; RICE, R.W.; RAINBOLT, C.R. The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. **Field Crops Research**, v. 95, p. 156-170. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.02.006>. Acesso em 27 de setembro 2022.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; 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**, v. 14, n. 4, p.378-386, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000400006>. Acesso em 27 de setembro 2022

GROSS, J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991, 351p.

GUAN, X. K.; SONG, L.; WANG, T. C.; TURNER, N. C.; LI, F. M. Effect of Drought on the Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence and Yield of Six Different-Era Spring Wheat Cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 201, 253-266, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jac.12103>. Acesso em 27 de setembro 2022

HIPKINS, M.F.; BAKER, N.R. In: HIPKINS, M.F.; BAKER, N.R. (Eds.). **Photosynthesis-energy transduction: a practical approach**. Oxford: IRL, 1986. 51p.

JAMRO, G.H.; KAZI, B.R.; OAD, F.C.; JAMALI, N.M.; OAD, N.L. Effect of Foliar Application of Micro Nutrients on the Growth Traits of Sugarcane Variety. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.1 p.462-463, 2002. Disponível em: <https://scialert.net/fulltext/?doi=ajps.2002.462.463>. Acesso em 27 de setembro 2022

LACERDA, A. R. S. Produtividade da cana-de-açúcar em resposta a adubação NPK em diferentes épocas. **Humanidades & Tecnologia em Revista**, v. 1, n. 18, 2019. Disponível em: https://redib.org/Record/oai_articulo2853855-produtividade-da-cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar-em-resposta-a-aduba%C3%A7%C3%A3o-npk-em-diferentes-%C3%A9pocas. Acesso em 27 de setembro 2022

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: Rima, 2004. 531 p.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C.; KNAPP, M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio Rfd of leaves with the PAM fluorometer. **Photosynthetica**, v. 43, n. 03, p. 379- 393, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11099-005-0062-6>. Acesso em 27 de setembro 2022

MAGRO, F. J.; TAKAO, G.; CAMARGO, P.E.; TAKAMATSU, S.Y. **Biometria em cana-de-açúcar**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5603968/mod_resource/content/1/Biometria%20em%20cana-de-a%C3%A7ucar%20exemplo%20de%20texto%20aluno.pdf. Acesso em 27 de setembro 2022.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E), 2012.

MARIN, F. R.; LOPES-ASSAD, M.L.; ASSAD, E.D.; VIAN, C.E.; SANTOS, M.C. Sugarcane crop efficiency in two growing seasons in São Paulo State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1449-1455, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100002>. Acesso em 27 de setembro 2022.

MATSUOKA, S. **Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Apostila: Curso de Qualificação em Plantas Industriais Cana-de-açúcar, São Paulo, 1996. 93 p.

MEDEIROS, D. B.; SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; TEIXEIRA, M. M.; BUCKERIDGE, M. S. Physiological limitations in two sugarcane varieties under water suppression and after recovering. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 25, n. 3, p. 213-222, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/txpp/a/4qt4C3bBNn7bB5NkpxsWHLF/>. Acesso em 27 de setembro 2022.

MELLIS, E. V.; QUAGGIO, J. A.; BECARI, G. R. G.; TEIXEIRA, L.A.J.; CANTARELLA, H.; DIAS, F. L. F. Effect of Micronutrients Soil Supplementation on Sugarcane in Different Production Environments: Cane Plant Cycle. **Soil Fertility eCrop Nutrition**, v.108, n.5, p.2060-2070, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0563>. Acesso em 27 de setembro 2022.

MOCELLIN, R. S. (2004). **Princípios da adubação foliar**. Coletânea de dados e revisão bibliográfica. Canoas/RS: Omega Fertilizantes, 83p, 2004

NASSIF, D. S. P.; MARIN, F. R.; PALLONE FILHO, W. J.; RESENDE, R. S.; PELLEGRINO, G. Q. **Parametrização e avaliação do modelo DSSAT/Canegro para variedades brasileiras de cana-de-açúcar**. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2012

NICCHIO, B.; SANTOS, G. A.; LINO, A. C. M.; RAMOS, L. A.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito da adubação foliar em soqueira de cana-de-açúcar. **Acta**

Iguazu, v. 9, n. 2, p. 10–24, 2020. Disponível em:

<https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/23042/15999>. Acesso em: 8 setembro 2022.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R.; CASAGRANDE, A.A. Effect of Boron and Zinc on the physiological traits of sugarcane. **Brazilian Journal of Sugar Technologies**, v.5, p.355–374, 2001.

PLANALSUCAR. **Cultura da cana-de-açúcar: manual de orientação**. Piracicaba: IAA, Coordenadoria Regional Sul, 1986. 56p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliada por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia agricola**, v. 59, p. 129-135, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100019>. Acesso em: 15 setembro 2022.

ROSSETO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. **Fertilidade do solo, nutrição e adubação**. In: CANA-DE-AÇÚCAR. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008a. p. 221-237.

SALES, C.R.G.; RIBEIRO, R.V.; MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, R.S.; DOVIS, V.L.; LAGÔA, A.M.M.A. Trocas gasosas e balanço de carboidratos em plantas de cana-de-açúcar sob condições de estresses radiculares. **Bragantia**, v. 71, p. 319-327, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052012000300001>. Acesso em: 15 setembro 2022

SALES, C.R.G.; RIBEIRO, R.V.; SILVEIRA, J.A.G.; MACHADO, E.C.; MARTINS, M.O.; LAGÔA, A.M.M.A. Superoxide dismutase and ascorbate peroxidase improve the recovery of photosynthesis in sugarcane plants subjected to water deficit and low substrate temperature. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.73, p.326-336, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.10.012>. Acesso em: 15 setembro 2022

SANTOS, R. B. **Cultivares de cana-de-açúcar submetido à restrição hídrica**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, 2011.

CHREIBER, U., BILGER, W. Rapid assessment of stress effects on plant leaves by chlorophyll fluorescence measurements. In: TENHUNEN, J.D., CATARINO, F.M., LANGE, O.L., OECHEL, W.C. (eds) *Plant Response to Stress*. NATO ASI Series, v. 15. Springer, Berlin, Heidelberg. 1987. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-70868-8_2. Acesso em: 15 setembro 2022.

SINGELS, A.; DONALDSON, R. A.; SMIT, M. A. Improving biomass production and partitioning in sugarcane: Theory and practice. **Field Crops Research**, v.92, p.291- 303, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429005000377>. Acesso em: 15 setembro 2022.

SEKHON, B. S. Chelates for micronutrient nutrition among crops. **Resonance, Ludhiana**, n. 8, p. 46-53, jul. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02834402>. Acesso em: 15 setembro 2022.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência

hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, p.7-13, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1479>. Acesso em: 15 setembro 2022.

SILVA, K. I.; SALES, C. R. G.; MARCHIORIA, P. E. H.; SILVEIRA, N. M.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Short-term physiological changes in roots and leaves of sugarcane varieties exposed to H₂O₂ in root medium. **Journal of Plant Physiology**, v. 177, p. 93-99, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.01.009>. Acesso em: 15 setembro 2022

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SHARMA, V.; SILVA, J. A. G.; CAPUTO, M. M.; DAMAJ, M. B.; GUIMARÃES, E. R.; FERRO, M. I. T. Use of physiological parameters in screening drought tolerance in sugarcane genotypes. **Sugar Tech**, v. 13, p. 191-197, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12355-011-0087-z>. Acesso em: 15 setembro 2022

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G.; SANTOS, C. M.; SHARMA, V. Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **The Journal of Agricultural Science**, v. 152, n. 01, p. 104-118, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0021859612000834>. Acesso em: 15 setembro 2022

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. F. L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 173-181, 2014. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/946987/pigmentos-fotossinteticos-e-indice-spad-como-descritores-de-int_1MC8sko.pdf. Acesso em: 15 setembro 2022

SILVA, M.M.P.; VASQUEZ, H.M.; BRESSAN-SMITH, R.; SILVA, F.C.; ERBESDOBLER, E. D'A.; JÚNIOR, P.S.C.A. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67- 74, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000100008>. Acesso em: 15 setembro 2022

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000300043>. Acesso em: 15 setembro 2022

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 526 p.

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

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

TEJERA, N. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, v. 102, p. 64-72, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.02.002>. Acesso em: 15 setembro 2022

THORBURN, P. J.; DART, I. K.; BIGGS, I. M.; BAILLIE, C. P.; SMITH, M. A.; KEATING, B. A. The fate of nitrogen applied to sugarcane by trickle irrigation. **Irrigation Science**, v. 22, p. 201-209, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00271-003-0086-2>. Acesso em: 15 setembro 2022

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G.; BRESSAN-SMITH, R.E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, p. 199-209, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.08.013>. Acesso em: 15 setembro 2022

TORRES, L. G.; FERREIRA, E. A.; ROCHA, P. R. R.; FARIA, A. T.; GONÇALVES, V. A.; GALON, L.; SIVA, A.F.; SILVA, A.A. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, p. 581-587, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000300014>. Acesso em; 15 setembro 2022

VAN DEN BERG, A. K.; PERKINS, T. D. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. **Forest Ecology and Management**, v. 200, p. 113-117, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.06.005>. Acesso em; 15 setembro 2022

VITTI, G. C.; LUZ, P.H.C.; ALTRAN, W.S. **Nutrição e adubação**. In: SANTOS, F.; BORÉM. Cana-de-açúcar do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2016.

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.

ZIVCAK, M.; BRESTIC, M.; BALATOVA, Z.; DREVENAKOVA, P.; OLISOVSKA, K.; KALAJI, H. M.; YANG, X.; ALLAKHVERDIEV, S. I. Photosynthetic electron transport and specific photoprotective responses in wheat leaves under drought stress. **Photosynthesis Research**, v.117, p.529-546, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11120-013-9885-3>. Acesso em; 15 setembro 2022