



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSODE AGRONOMIA
CAMPUS II – AREIA-PB**

MÁRCIO FERNANDO LOPES DA SILVA

**RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR A ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BREJO
PARAIBANO**

**AREIA
2022**

MÁRCIO FERNANDO LOPES DA SILVA

**RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR A ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BREJO
PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento às
exigências para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador(a): Prof. Dr. Fábio Mielezrski

**AREIA
2022**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586r Silva, Marcio Fernando Lopes da.

Resposta da cana-de-açúcar a adubação nitrogenada no brejo paraibano / Marcio Fernando Lopes da Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2022.

29 f. : il.

Orientação: Fábio Mielezrski.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Adubação mineral. 3. Trocas gasosas. 4. Saccharum spp. I. Mielezrski, Fábio. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

MÁRCIO FERNANDO LOPES DA SILVA

RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR A ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BREJO
PARAIBANO

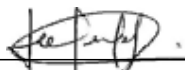
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento às
exigências para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 08 / 12 / 2021.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Fábio Mielezrski
SIAPE 1092436

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



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



Prof. Dr. João Everthon da Silva Ribeiro (Avaliador)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Fábio Mielezrski, coordenador do curso, por seu empenho e pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação.

Ao meu pai Francisco Lopes e a minha mãe Severina da Silva Paiva, pela compreensão por minha ausência nas reuniões familiares.

A minha esposa Carla Lessiane Nunes de Souza da Silva, embora fisicamente ausente, sentia sua presença ao meu lado, dando-me força.

Aos professores do Curso de Agronomia da UFPB, em especial, Professor Dr. Fábio Mielezrski e Professor Dr. Leossávio César de Souza, que contribuíram ao longo desses semestres, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Dr. João Evethon da Silva Ribeiro, que foi uma pessoa fundamental para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa com coleta de dados em campo e geração de informações.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio.

RESUMO

O nitrogênio é um dos principais nutrientes essenciais para o maior crescimento e rendimento de culturas agrícolas. Dentre as culturas, a cana-de-açúcar necessita do nitrogênio para o aumento da produtividade. Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de doses nitrogenadas no desenvolvimento, trocas gasosas e produtividade de cana-de-açúcar no Brejo Paraibano. A pesquisa foi realizada em área experimental pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, localizada no município de Areia, na microrregião do Brejo e mesorregião do Agreste Paraibano, estado da Paraíba, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: 0 kg de N ha⁻¹ (T1) (testemunha), 62,5 + 62,5 kg de N ha⁻¹ (plantio e 30 DAP) (T2), 125 kg de N ha⁻¹ (T3), 125 + 125 kg de N ha⁻¹ (plantio e 30 DAP) (T4) e 250 kg de N ha⁻¹ (T5). As avaliações de crescimento foram realizadas aos 180, 230 e 265 dias após o plantio (DAP), onde foram analisados a altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas por planta, número de perfilhos e número de entrenós. As avaliações das trocas gasosas foram realizadas aos 265 dias após o plantio, em que foram medidas a taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e concentração interna de carbono. Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e posteriormente calcularam-se os valores médios com intervalos de confiança com probabilidade de 95%. De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que as doses de nitrogênio não interferiram no desenvolvimento, trocas gasosas e produtividade de cana-de-açúcar na região do Brejo Paraibano.

Palavras-Chave: adubação mineral; produtividade; trocas gasosas; rendimento; *Saccharum* spp.

ABSTRACT

Nitrogen is one of the key nutrients essential for the highest growth and yield of agricultural crops. Among crops, sugarcane needs nitrogen to increase productivity. Thus, the objective of the research was to evaluate the effect of nitrogen doses on the development, gas exchange and productivity of sugarcane in Brejo Paraibano. The research was carried out in an experimental area belonging to the Department of Plant Science and Environmental Sciences of the Federal University of Paraíba, Campus II, located in the municipality of Areia, in the micro-region of Brejo and mesoregion of Agreste Paraibano, state of Paraíba, Brazil. The experimental design used was randomized blocks (DBC) with five treatments and four replications. The treatments were: 0 kg of N ha⁻¹ (T1) (control), 62.5 + 62.5 kg of N ha⁻¹ (planting and 30 DAP) (T2), 125 kg of N ha⁻¹ (T3), 125 + 125 kg of N ha⁻¹ (planting and 30 DAP) (T4) and 250 kg of N ha⁻¹ (T5). Growth evaluations were performed at 180, 230 and 265 days after planting (DAP), where plant height, stem diameter, number of leaves per plant, number of tillers and number of internodes were analyzed. Gas exchange evaluations were performed at 265 days after planting, in which the net photosynthesis rate, stomatal conductance, transpiration and internal carbon concentration were measured. The data were submitted to analysis of variance (F test) and then the mean values were calculated with confidence intervals with a probability of 95%. According to the results obtained, it was found that the nitrogen doses did not interfere in the development, gas exchange and productivity of sugarcane in the Brejo Paraibano region.

Keywords: mineral fertilization; productivity; gas exchange; performance; *Saccharum* spp.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Precipitação pluviométrica do período experimental. Fonte: Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias (UFPB).	14
Figura 2 –	Altura de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.	17
Figura 3 –	Diâmetro do colmo de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.	18
Figura 4 –	Número de folhas de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.	19
Figura 5 –	Número de perfilhos de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.	20
Figura 6 –	Número de entrenós de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.	21
Figura 7 –	(A) Taxa de fotossíntese líquida (A), (B) condutância estomática (gs), (C) transpiração (E) e (D) carbono interno de plantas de cana-de-açúcar submetidas a doses de nitrogênio.	22
Figura 8 –	Toneladas de colmos por hectare (TCH) em cana-de-açúcar submetidas a doses de nitrogênio.	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	A cultura da cana-de-açúcar: aspectos gerais, importância e morfologia.....	10
2.2	Manejo de adubação no cultivo de cana-de-açúcar.....	11
2.3	Eficiência do nitrogênio no cultivo da cana-de-açúcar.....	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1.	Área de estudo e delineamento experimental	14
3.2	Variáveis analisadas.....	15
3.3	Análise dos dados.....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5	CONCLUSÃO.....	24
6	REFERÊNCIAS	25

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem grande importância no cenário econômico brasileiro, sendo uma das principais commodities produzidas no país. A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é cultivada em regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo e o Brasil possui uma grande área de plantio de cana-de-açúcar em sua vasta extensão, cerca de 8,6 milhões de hectares, com destaque para o Estado de São Paulo com aproximadamente 52,2% do total de área do estado (CONAB, 2018).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e o cultivo no país segue expandindo (FAO, 2018).

A produção na Paraíba durante a safra de 2018 foi de 5.829,5 mil toneladas. Este resultado ocorreu devido às condições favoráveis do clima na safra 2017/18, quando comparados com os cinco anos passados, apresentando níveis de precipitação mais próximos ao ideal, fechando com a produtividade média de 48.742 kg/ha, 4.728 kg/ha a mais que na última safra (CONAB, 2018).

O cultivo de cana-de-açúcar encontra-se em alta e apresenta uma quantidade significativa de áreas de produção de matérias-primas, tais como melaço, cachaça e resíduos gerados, que podem ser utilizados na alimentação animal, além do açúcar e etanol. Este fato se dá pela pressão dos consumidores em todo o mundo pelo consumo de combustíveis que causam menos impacto ambiental do que o petróleo, o etanol. Com o aumento significativo no consumo de etanol, fez com que houvesse a implantação de diversas usinas no Brasil, disseminando-se por vários estados brasileiros, e com isso foi estabelecido nos mais diferentes tipos de solos, muitas vezes com características bastante distintas dos padrões ideais de plantio e manejo (BELLÉ et al., 2014).

É evidente a busca pela escolha da nutrição mais adequada para a planta, visando sempre a máxima produtividade buscando por novas tecnologias de adubação da cana-de-açúcar. A adubação da cultura visa adicionar os nutrientes necessários em quantidades suficientes para garantir a máxima produtividade econômica (EMBRAPA, 2020).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais limitante para a produtividade das culturas em todo o mundo (MALHI et al., 2001). Esse nutriente apresenta uma dinâmica complexa, que passa por transformações caracterizadas por sete estados de oxidação, proporcionando a mobilidade no sistema solo-planta. Vale salientar que os fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo passam por inúmeras transformações químicas e microbianas, resultando em perdas e não sendo disponibilizados totalmente para os vegetais.

No Brasil, uma das maiores restrições para melhorar a produtividade da cultura da cana-de-açúcar é se há nutrientes minerais suficientes no solo, especialmente nitrogênio (TRIVELIN et al., 2000). Isso porque muitos fatores afetam a eficiência de uso do nitrogênio das plantas, tais como: características do solo (pH, CTC, matéria orgânica, textura, argila, aeração e compactação), condições climáticas (temperatura e precipitação) e práticas agronômicas (rotação de culturas) (SUBBARAO et al., 2006).

Portanto, diante da importância do nitrogênio para a cultura, são necessários o uso de fertilizantes nitrogenados para melhorias nas práticas de manejo, buscando o aumento da produtividade e aumento do rendimento no setor canavieiro. Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de doses nitrogenadas no desenvolvimento, trocas gasosas e produtividade de cana-de-açúcar no Brejo Paraibano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar: aspectos gerais, importância e morfologia

A cana-de-açúcar tem grande importância socioeconômica no Brasil, sendo produzido a partir dessa matéria-prima, principalmente o açúcar e o álcool, além da cachaça, bagaço da cana, vinhaça, plástico e papel. Atualmente, o Brasil destaca-se como o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido da Índia, representando cerca de 38% e 17% da produção mundial, respectivamente (FAO, 2018).

No Brasil, a cultura da cana-de-açúcar tem área de aproximadamente 8,48 milhões de hectares. Na safra 2019/2020, atingiu 30,1 milhões de toneladas de açúcar e 33,8 bilhões de litros de etanol, com produção aproximadamente de 642,7 milhões de toneladas (CONAB, 2019). As regiões brasileiras que mais produzem cana-de-açúcar é o Centro-Sul e o Nordeste, sendo São Paulo o maior produto nacional, com produção em torno de 340.871,6 mil toneladas de cana-de-açúcar, seguido por Goiás que produziu aproximadamente 75.883,3 mil toneladas na mesma época (CONAB, 2019).

Segundo Cronquist (1981), a classificação taxonômica da cana-de-açúcar é: divisão Manoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Graminales, família Poaceae e gênero *Saccharum*. É uma cultura do tipo C4, monocotiledônea, gramínea alógama e semiperene, e geralmente é cultivada em regiões tropicais e subtropicais, sendo a principal cultura no desenvolvimento da matriz energética do Brasil (LEAL, 2012). A planta é constituída de raízes, colmos, folhas, inflorescências e rizomas, sendo o desenvolvimento ocorrendo por meio de touceira (MAZAMBANI et al., 2006).

A cultura é considerada uma substituta ideal dos combustíveis fósseis, com alto potencial para diminuição das taxas de emissão de gases. Além disso, é a cultura que atinge a maior produtividade de etanol, bem como origina subprodutos que são utilizados na industrialização de fertilizantes do solo e geração de energia, ocasionando menos danos ao meio ambiente (NEVES E CONEJERO, 2010).

2.2 Manejo de adubação no cultivo da cana-de-açúcar

Os nutrientes que são extraídos em maior quantidade pela cultura da cana-açúcar são o potássio e o nitrogênio, respectivamente, visto que a resposta à adubação utilizando esses nutrientes é na maioria das vezes alta (ORLANDO FILHO E ZAMBELLO JUNIOR, 1980).

Os teores de nitrogênio e potássio no solo, para o crescimento e rendimento da cana de açúcar, são uns dos principais fatores responsáveis pelo aumento da produtividade da lavoura, pois esses nutrientes desempenham funções metabólicas e estruturais nas plantas. Estima-se que para cada 100 toneladas de colmos, são exportados aproximadamente 125 kg de K (MALAVOLTA, 1982).

A disponibilidade desses nutrientes nos solos brasileiros é normalmente reduzida, portanto torna-se necessário a utilização de fertilizantes para a obtenção da produtividade das lavouras.

Devido à alta mobilidade do potássio e nitrogênio no solo, perdas por lixiviação podem ocorrer, reduzindo drasticamente a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. A aplicação de potássio em cana de açúcar geralmente é realizada em dose única, variando de 80 a 140 kg ha⁻¹ de K₂O (LANA et al., 2004), podendo acontecer perdas do fertilizante aplicado dependendo da quantidade de chuva e textura do solo (ROSOLEM et al., 2006).

Em relação a adubação nitrogenada, observou-se uma resposta linear crescente em função da produtividade de colmos, aplicando na segunda ou terceira soca (VITTI et al., 2007), considerando também como elemento primordial na longevidade da cultura da cana de açúcar (FRANCO et al., 2007).

Devido a ocorrência de perdas, geralmente a eficiência de aproveitamento de nitrogênio pelas plantas seja em torno de 45% da quantidade aplicada. Diante disso, buscando reduzir as perdas e aumentar a eficiência do nitrogênio, tem-se controlado a época de aplicação, melhorando os métodos de aplicação e atualmente o uso de revestimentos nos fertilizantes para regular a liberação dos nutrientes nas plantas (BODDEY et al., 2001).

2.3 Eficiência no nitrogênio no cultivo da cana-de-açúcar

O nitrogênio é considerado o nutriente de maior importância para as plantas, devendo estar sempre disponível para suprir as necessidades nutricionais das plantas (GARCIA et al., 2013). Esse macronutriente faz parte de rotas metabólicas, que são fundamentais para o crescimento, desenvolvimento e fisiologia das plantas (SANGOI et al., 2008). A falta de nitrogênio nas plantas, pode reduzir e influenciar diversos processos fisiológicos, como a redução da síntese de clorofila, aminoácidos e o aporte para energia que é necessário para a produção de carboidratos (MALAVOLTA, 2006).

O manejo adequado de nitrogênio favorece o processo de crescimento do sistema radicular e parte aérea, aumentando a área foliar e as atividades fisiológicas no aparato fotossintético das plantas (PRADO, 2008). Esse nutriente promove efeito estimulante e influencia na formação de gemas, perfilhamento e aumenta o teor de proteínas das plantas (OLIVERA et al., 2007). Além disso, o nitrogênio contribui para a produção de colmo e auxilia na absorção de outros nutrientes, como o enxofre, tornando-se indispensável para as plantas (FRANCO et al., 2007). A ureia, o sulfato de amônio e o nitrato de amônio são as principais fontes de nitrogênio utilizadas na cultura da cana-de-açúcar (MAC, 2004).

Em cana-de-açúcar, o nitrogênio é o nutriente extraído em altas quantidades, seguido do potássio (FRANCO et al., 2008). Assim, a recomendação para o manejo de adubação nitrogenada deve levar em consideração o histórico da área e produtividade esperada (PROCHNOW E ROSSI, 2009). No Brasil, utiliza-se doses baixas de N para o cultivo de cana-de-açúcar, entre 90 e 120 kg ha⁻¹ (CANTARELLA et al., 2007).

A adubação com nitrogênio em cana-de-açúcar vem sendo estudada durante muito tempo, em que Alvarez et al. (1957) comparando diferentes fontes de nitrogênio, confirmaram que o tratamento que recebeu o N na forma de proteína obteve os melhores resultados em comparação com o nitrogênio na forma de amônia. Arruda (1960) estudando diferentes fontes, não encontrou diferenças significativas entre o sulfato de amônio, calnitro e ureia, aplicando 120 kg ha⁻¹ de N de forma parcelada. Já Alvarez et al. (1991) avaliando 25 experimentos no estado de São Paulo, observou que a melhor fonte foi o sulfato de amônio, com as doses de 0, 90 e 180 kg ha⁻¹. Neste mesmo estudo, houve respostas significativas para dez experimentos, em que a dose máxima proporcionou aumento médio de 15,2 t ha⁻¹ de cana e a produtividade média sem adubo foi de 82,91 t ha⁻¹.

Existem inúmeros fatores responsáveis pela baixa resposta da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, como a lixiviação do nitrogênio, e uma das formas de diminuir a

lixiviação é a utilização da adubação parcelada do nitrogênio, proporcionando assim o maior desempenho no crescimento e rendimento da cultura (OLIVEIRA, 1999).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo e delineamento experimental

A pesquisa foi realizada em área experimental pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, localizada no município de Areia, na microrregião do Brejo e mesorregião do Agreste Paraibano, estado da Paraíba, Brasil (6°96'62"S e 35°71'58"W). O clima da região é tropical com alta pluviosidade nos meses de junho e julho (Ribeiro et al., 2018), classificado como As (Alvares et al., 2013). A região apresenta altitude que varia entre 400 e 600 metros, temperatura média de 22°C e precipitação de aproximadamente 1.400mm por ano.

O experimento teve sua implantação em março de 2018. Durante a condução da pesquisa, os dados de precipitação (mm) foram coletados na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (Figura 1).

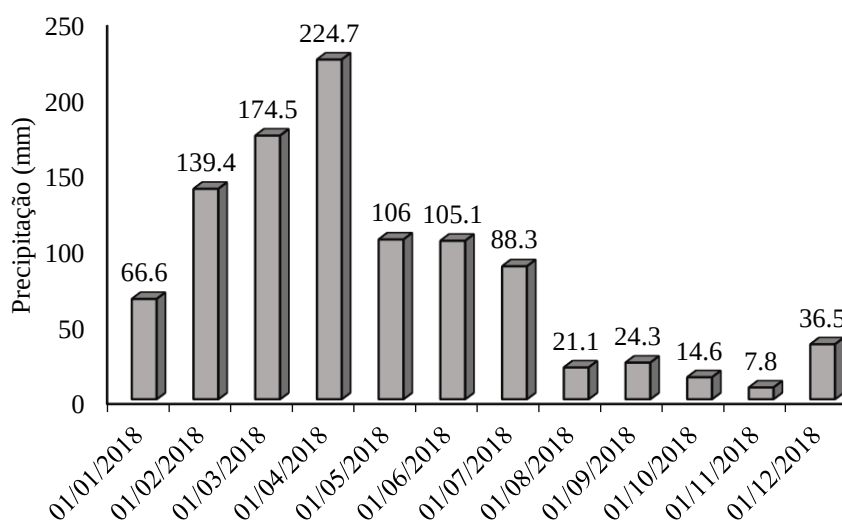


Figura 1. Precipitação pluviométrica do período experimental. Fonte: Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias (UFPB).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: 0kg de N ha⁻¹(T1) (testemunha), 62,5 + 62,5kg de N ha⁻¹(T2), 125kg de N ha⁻¹(T3), 125 + 125 kg de N ha⁻¹(T4) e 250kg de N ha⁻¹(T5). Para os tratamentos que utilizaram a adubação parceladas, realizou-se a primeira aplicação no plantio e a segunda aplicação ocorreu 30 dias após a primeira. Utilizou-se a

variedade RB92579, sendo a mais cultivada da região Nordeste do Brasil. A fonte de nitrogênio utilizada foi ureia, com 45% de N em sua composição.

As avaliações de crescimento foram realizadas aos 180, 230 e 265 dias após o plantio (DAP), em que foram selecionadas três plantas por parcela, coletando-se apenas as plantas da fileira central, evitando as bordaduras. Cada parcela era composta por cinco fileiras, medindo 8 metros cada. A colheita foi realizada em outubro de 2019. Dois meses após o experimento realizou-se uma análise do solo para verificar o resíduo de nitrogênio no solo, conforme apresentado na Tabela 1.

3.2 Variáveis analisadas

Para as análises de crescimento, foram analisados a altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas por planta, número de perfilhos e número de entrenós. As medições foram realizadas por meio de uma trena graduada em centímetros e de um paquímetro analógico.

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas aos 265 dias após o plantio, em que foi medida a taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de carbono (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). As medições foram realizadas em três plantas por parcelas, selecionando folhas localizadas no terço médio dos indivíduos, sendo livres de pragas, doenças e/ou danos ocasionados por fatores abióticos. As análises foram realizadas em dias sob condições climáticas favoráveis (sem nebulosidade), durante o período das 9:00 às 11:00 horas. Utilizou-se um analisador portátil de gás carbônico por infravermelho (IRGA, modelo Li-6400XT, LI-COR) sob condições de luminosidade natural.

A produtividade de cana por hectare (TCH) foi medida por meio da pesagem do total de colmos da parcela experimental com o auxílio de uma balança eletrônica. Em seguida, os dados foram transformados de acordo com a seguinte equação: $\text{Peso total da parcela} \times 10 / \text{área útil da parcela em m}^2$.

3.3 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e posteriormente calcularam-se os valores médios com intervalos de confiança com probabilidade de 95%. Utilizaram-se os intervalos de confiança em razão da não significância dos dados obtida com o teste F. As análises foram realizadas com o auxílio do software R[®]v.4.0.0 (R Core Team, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de plantas apresentou variação aos 180, 230 e 265 DAP, com os maiores valores registrados no T2 (62,5 + 62,5 kg de N ha⁻¹), atingindo 3,82 cm aos 265 DAP (Figura 2). Embora não haja tendência no comportamento da altura de plantas, observa-se que o nitrogênio não foi eficiente para a cana-de-açúcar, porém em outros estudo o nitrogênio proporcionou maior crescimento radicular, melhor absorção de nutrientes, promovendo dessa forma aumentos na altura de plantas (OTTO et al., 2009; CUNHA et al., 2016).

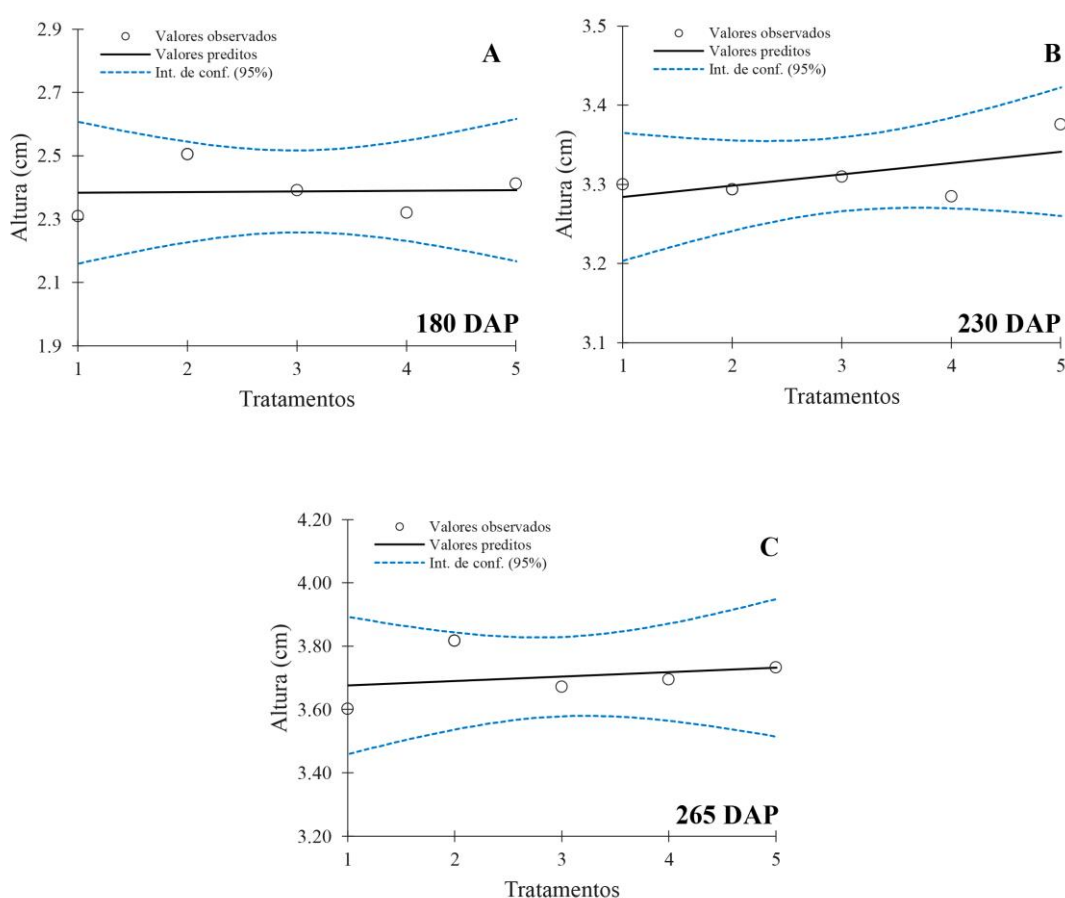


Figura 2. Altura de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.

O diâmetro do colmo não diferiu significativamente entre as doses de nitrogênio (Tabela 3). O diâmetro do colmo variou de acordo com as épocas de avaliação, sendo registrado os maiores valores médios aos 230 e 265 DAP, registrando 35,08 mm (T4: 125 + 125 kg de N ha⁻¹) e 34,63 mm (T3: 125 kg de N ha⁻¹), respectivamente (Figura 3). Os

resultados do presente trabalho são semelhantes ao estudo realizado por Prado & Pancelli (2008), em que foram testadas doses de nitrogênio que promoveram um aumento significativo no diâmetro do colmo das plantas. Por se tratar de uma cultura de crescimento rápido, observa-se que doses altas proporcionaram um maior aumento no diâmetro do colmo, onde devido à alta população de plantas na área experimental promoveu uma maior competição por nutrientes, especificamente o nitrogênio (Oliveira Júnior, 2019).

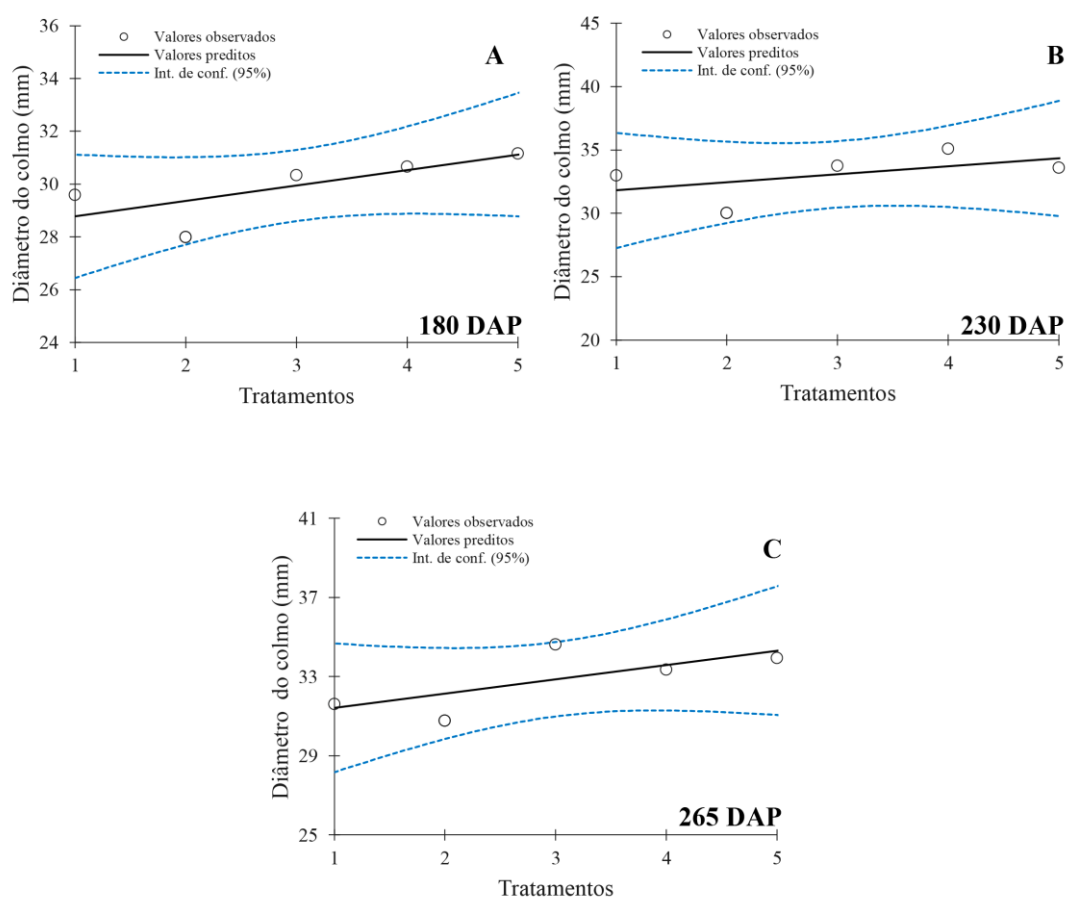


Figura 3. Diâmetro do colmo de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.

O número de folhas não diferiu significativamente entre as doses de nitrogênio (Tabela 1). O número de folhas aumentou com o incremento das doses de nitrogênio, sendo os maiores valores registrados no T2 ($62,5 + 62,5 \text{ kg de N ha}^{-1}$) aos 265 DAP, obtendo-se 11,24 folhas por planta (Figura 4). Observa-se que o maior número de folhas foi encontrado nas doses parceladas, evidenciando que o maior número de folhas é um indicativo de que as plantas estão submetidas a condições adequadas para o manejo. Alguns fatores abióticos,

como temperatura ou déficit hídrico podem proporcionar redução no número de folhas (RODRIGUES, 1995), o que não foi o caso do presente estudo. Assim, plantas em condições favoráveis com elevado número de folhas, mostra possivelmente uma influência positiva da adubação nitrogenada, beneficiando as plantas (KLEINGESINDS, 2010).

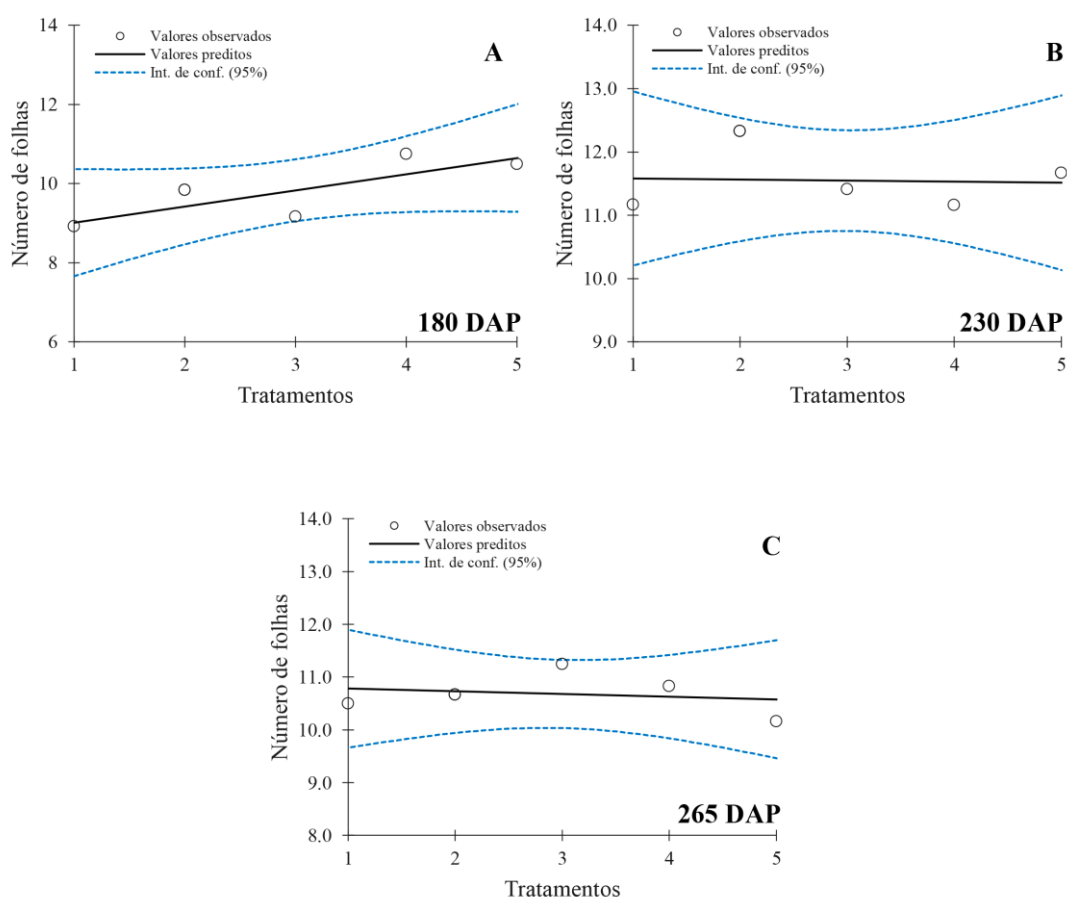


Figura 4. Número de folhas de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.

O número de perfilhos não diferiu significativamente entre as doses de nitrogênio (Tabela 5). Observou-se que o aumento das doses de nitrogênio proporcionou um aumento no número de perfilhos (Figura 5). O número de perfilhos foi superior quando se utilizou as doses parceladas de nitrogênio (T4 e T5) ($125 + 125 \text{ kg de N ha}^{-1}$ e $250 \text{ kg de N ha}^{-1}$), obtendo-se 4,99 e 4,41 aos 180 e 265 DAP (Figura 5). Alguns estudos evidenciaram a importância do nitrogênio no perfilhamento e desenvolvimento das culturas, principalmente em cana-de-açúcar (MALAVOLTA, 2006; OLIVEIRA, 2011). Geralmente, a maior disponibilidade de nitrogênio com o aumento das doses promove maior influxo de N pelas

raízes dos perfilhos, aumentando o crescimento, além do próprio perfilhamento (OLIVEIRA, 2011).

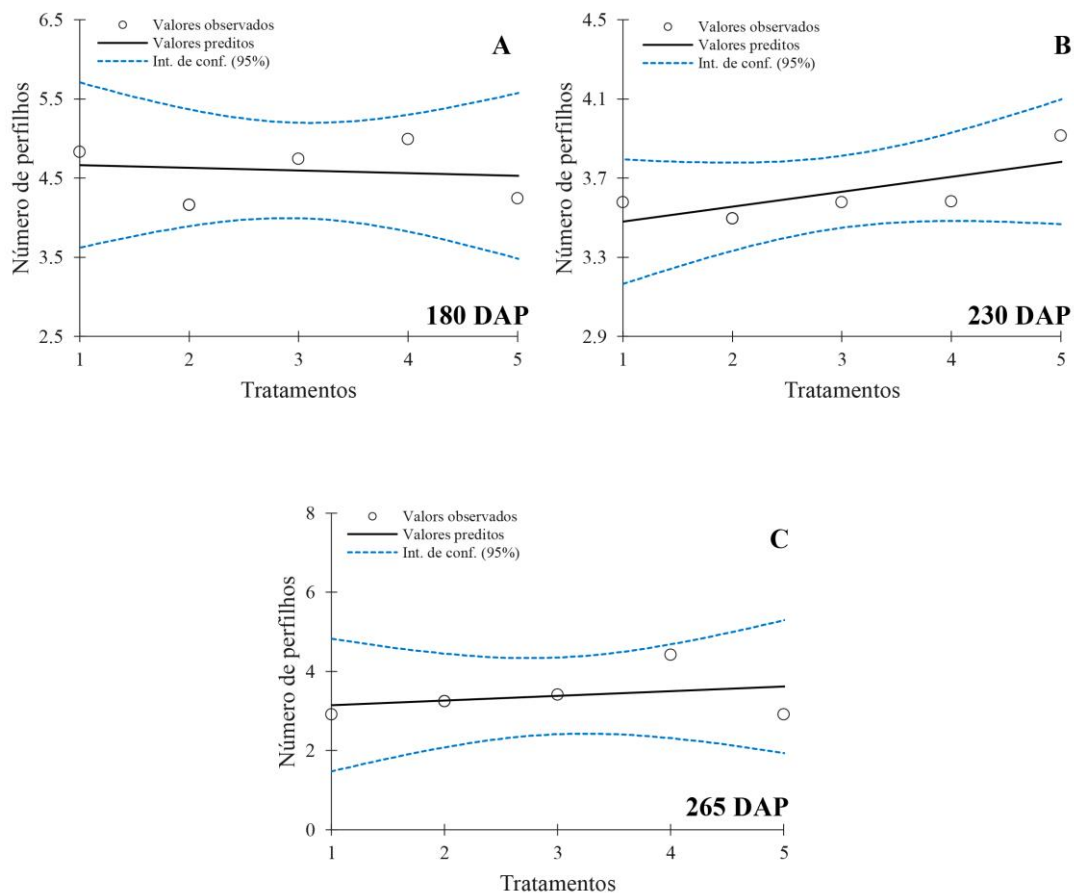


Figura 5. Número de perfilhos de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.

O número de entrenós não diferiu significativamente entre as doses de nitrogênio (Tabela 6). O número de entrenós variou durante as épocas de avaliações, com os maiores valores registrados no T2 ($62,5 + 62,5 \text{ kg de N ha}^{-1}$), obtendo-se 14,75 aos 265 DAP (Figura 5). Corroborando com o presente estudo, Silva et al. (2014) observaram acréscimos significativos no número de entrenós a partir dos 210 DAP, com um aumento mais elevado entre 270 e 300 DAP, aumentando 42% o número de entrenós neste período.

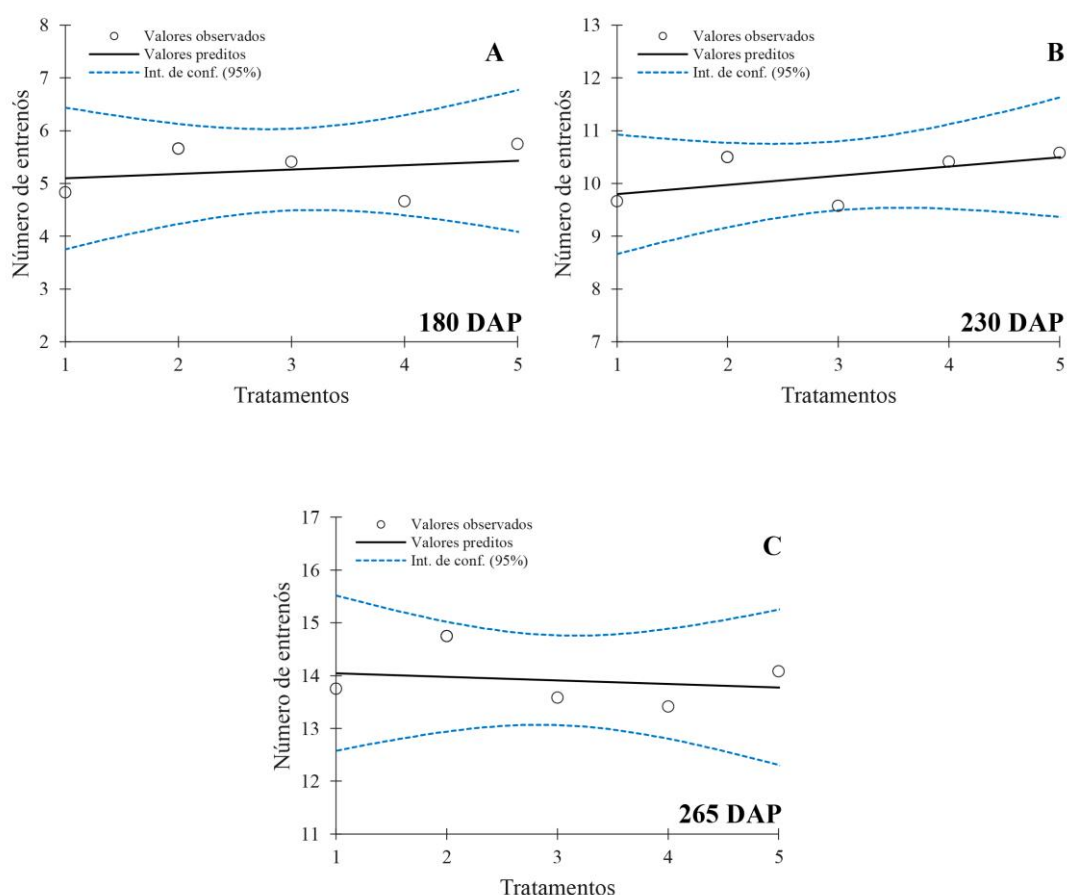


Figura 6. Número de entrenós de plantas de cana-de-açúcar aos (A) 180, (B) 230 e (C) 265 dias após o plantio (DAP), submetidas a doses de nitrogênio.

As variáveis de trocas gasosas não diferiram significativamente entre as doses de nitrogênio (Tabela 7). Em relação as trocas gasosas, observou-se que a taxa de fotossíntese líquida (A) e condutância estomática (gs) apresentaram comportamentos semelhantes, com maior incremento nas doses parceladas, exceto transpiração (E) que apresentou comportamento distinto no T2 (Figura 7). O T4 (125 + 125 kg de N ha⁻¹) proporcionou os maiores valores para essas variáveis, registrando 16,10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 0,1642 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 3,65 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente (Figura 7). A concentração interna de carbono (Ci) apresentou comportamento inverso das demais, com os maiores valores observados no T2 (125 kg de N ha⁻¹) (Figura 7). O aumento da taxa de fotossíntese líquida no presente trabalho ocorreu possivelmente em razão da abertura estomática, influenciando a fotossíntese e aumentando o fluxo de CO₂ nas folhas. Em casos extremos, onde a diminuição drástica por transpiração pode afetar as plantas, o crescimento e o comportamento fisiológico tornam-se limitados,

prejudicando as atividades do aparato fotossintético das plantas (PIMENTEL, 1998; TAIZ et al., 2017).

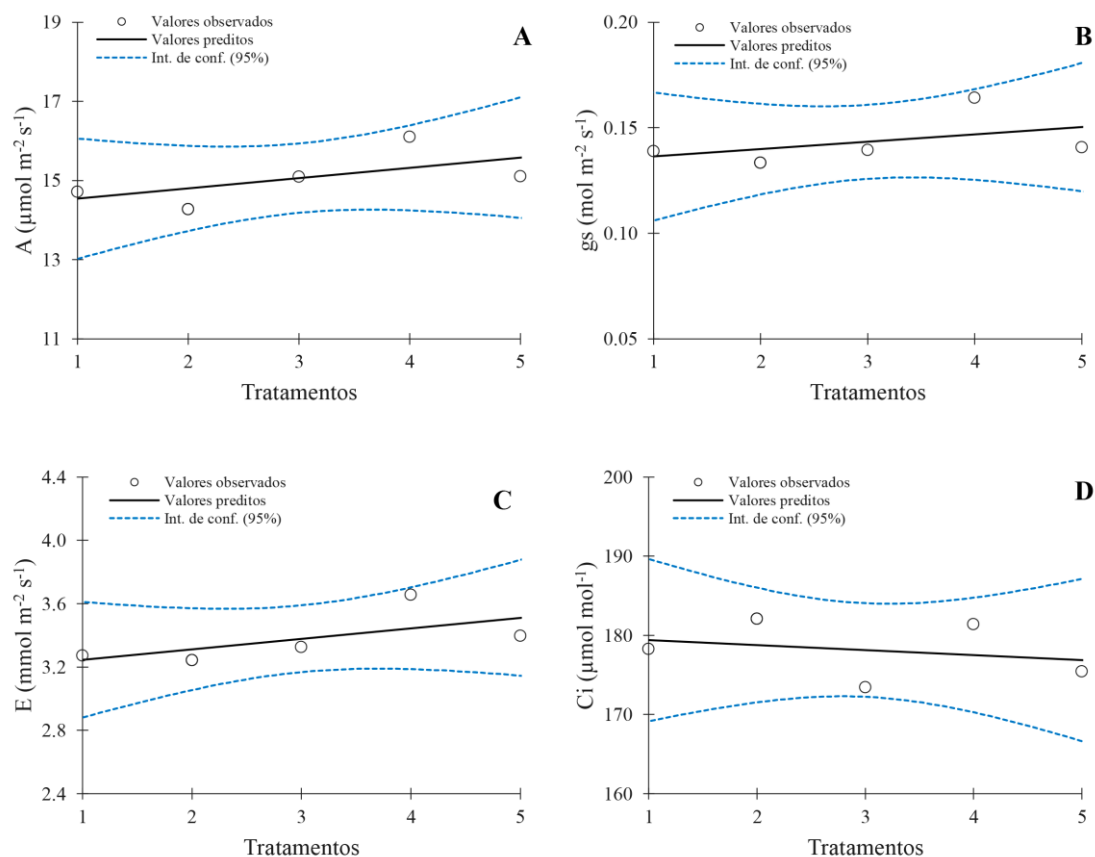


Figura 7. (A) Taxa de fotossíntese líquida (A), (B) condutância estomática (g_s), (C) transpiração (E) e (D) carbono interno de plantas de cana-de-açúcar submetidas a doses de nitrogênio. CV: coeficiente de variação; ^{ns}: não significativo pelo Teste F.

A tonelada de colmos por hectare (TCH) não diferiu significativamente entre as doses de nitrogênio (Tabela 8). A tonelada de colmos por hectare (TCH) reduziu com o aumento das doses de nitrogênio, observando-se os maiores valores na testemunha ($0 \text{ kg de N ha}^{-1}$), com decréscimo de aproximadamente 21% até o T4 ($125 + 125 \text{ kg de N ha}^{-1}$), onde constatou-se o menor rendimento (Figura 8). A diminuição da TCH com o aumento das doses de nitrogênio possivelmente aconteceu devido ao alto volume de água durante o período experimental, principalmente no mês de abril, o que pode ter minimizado o efeito do nutriente na cultura. Níveis adequados de umidade do solo, auxiliam no processo de absorção do N pelas plantas,

sendo o solo compactado um dos possíveis fatores para esse baixo rendimento das doses de nitrogênio no presente estudo.

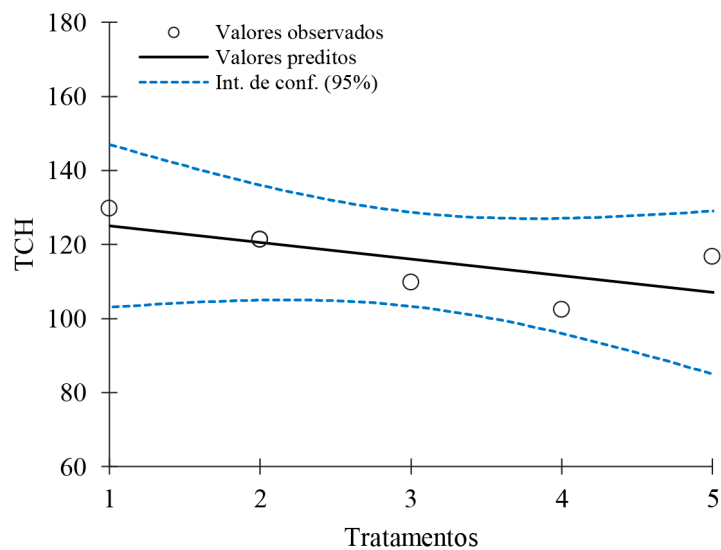


Figura 8. Toneladas de colmos por hectare (TCH) em cana-de-açúcar submetidas a doses de nitrogênio. CV: coeficiente de variação; ^{ns}: não significativo pelo Teste F.

5. CONCLUSÃO

As doses de nitrogênio não interferiram no desenvolvimento, trocas gasosas e produtividade de cana-de-açúcar na região do Brejo Paraibano. Diante disso, sugere-se a execução de novos estudos que busquem avaliar o efeito do nitrogênio na cana-de-açúcar em condições climáticas ideais, visto que no presente estudo a alta precipitação pluviométrica influenciou de forma negativa nas respostas das doses utilizadas.

6. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R.; SEGALLA, A. L.; CATANI, R. A. Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 13, n. 5, 1957.
- ALVAREZ, R.; WUTKE, A. C. P.; ARRUDA, H. V.; VAN RAU, B.; GOMES, A. C.; ZINK, F. Adubação da cana-de-açúcar: XIV. Adubação NPK em Latossolo roxo. **Bragantia**, v. 50, n. 2, p. 359-374, 1991.
- 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. 711-728, 2013.
- ARRUDA, H. V. Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 19, n. 66, 1960
- BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S. M.; GOMES, C. B.; KUHN, P. R. Fitonematoides associados à cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Nematropica**, v. 44, p. 207-217, 2014.
- BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of the ¹⁵N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N₂ fixation to sugar cane and other grasses. **Aust J Plant Physiol.** v. 28, n. 1, p. 1-7, 2001.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A. C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Eds.). **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2007. p. 349–412.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Acomp. safra bras. cana, v. 4 - Safra 2017/18, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília. 2018. p. 1-73.
- CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; SOUSA, A. E. C.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Yield of sugarcane submitted to nitrogen fertilization and water depths by subsurface drip irrigation. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb. (Online)**, v. 20, p. 841-846, 2016.
- EMBRAPA. **Dinâmica na cultura da cana-de-açúcar no Brasil: 1990 a 2018**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. 41p.

FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação). 2018. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em set. de 2021

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P.C.O.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OTTO, R. Aproveitamento pela cana-de-açúcar da adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2763-2770, 2008.

FRANCO, H.C.J.; BOLONGA, I.R.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**, v. 66, p. 669-674, 2007.

GARCIA, G.; CARDOSO, A. A.; SANTOS, O. A. M. Da escassez ao estresse do planeta: Um século de mudanças no ciclo do nitrogênio. **Quim. Nova**, v. 36, n. 9, p. 1468-1476, 2013.

KLEINGESINDS, C. K. Efeito da inoculação de uma bactéria endofítica fixadora de nitrogênio (*Acinetobacter* sp. ICB117) no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp. variedade SP791011). Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências Biomédicas. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Biotecnologia USP/IPT/Instituto Butantan. 2010. 78p.

LANA, R. M. Q.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; KORNDORFER, G. H.; MACIEL JUNIOR, V. A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 23, n. 2, p. 28-31, 2004.

LEAL, D.P.V. Evapotranspiração da cana-de-açúcar e fotossíntese acumulada em biomassa e energia, para diferentes variedades, disponibilidade hídricas no solo e ciclos de cultivos. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas), Piracicaba. 2012. 137p.

MAC. 2004. Manual de Adubação e Calagem para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. – 10. Ed. Porto Alegre.

MALAVOLTA, E. **Potássio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. Piracicaba, Potafós, 1982. (Boletim Técnico, 4).

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638 p. 2006.

MALHI, S.S.; GRANT, C.A.; JOHNSTON, A.M.; GILL, K.S. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. **Soil and Tillage Research**, v. 60, n. 3/4, p. 101-122, 2001.

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

NEVES, M. F; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil**. São Paulo: Editora Atlas/Markestrat, 2009.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. Nitrogênio e cama de frango na soqueira da cana-de-açúcar no Cerrado. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, Rio Verde. 2019. 61p.

OLIVEIRA, M. W. **Dinâmica do nitrogênio da ureia (15N) no sistema solo cana-de-açúcar com ou sem queima da palha**. 1999. 93p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1999.

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

OLIVEIRA, M.W.; FREIRE,F.M.; MACEDO,G.A.R.; FERREIRA, J. J. Nutrição Mineral e Adubação da cana-de-açúcar. **Informe agropecuário**, v.28, n.239, p.30-43, 2007.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JUNIOR, E. Influência da adubação NPK nas qualidades tecnológicas da cana planta, variedade CB41-76. **Brasil Açucareiro**, v. 96, n. 4, p. 37-44, 1980.

OTTO, R.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O. Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n.4, p.398- 405, 2009.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Rev Bras Ciênc Solo**, v. 34, n. 4, p. 1137-1145, 2010.

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

PRADO, R.M.; PANCELLI, M.A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia**, v.67, p.951-959, 2008

PROCHNOW, L.I.; FABRÍCIO, R. **Análise de Solo e Recomendação de Calagem e Adubação**. Viçosa, MG, CPT, 2009. 388p.

R CORE TEAM. (2020). **R: a language and environment for statistical computing**. Viena, AU: R Foundation for Statistical Computing.

RIBEIRO, J. E. S.; BARBOSA, A. J. S.; LOPES, S. F.; PEREIRA, W. E.; ALBUQUERQUE, M. B. Seasonal variation in gas exchange by plants of *Erythroxylum simonis* Plowman. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 2, p. 287-296, 2018.

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

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palhade milheto e chuva simulada. **Pesq Agropec Bras.**, v. 41, n. 6, p. 1033-1040, 2006.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; PUCCI, A. L. R.; STRIEDER, M.; ZANIN, C. G.; SILVA, L. C.; VIEIRA, R. J. A aplicação precoce de nitrogênio em cobertura não aumenta o rendimento de grãos do trigo cultivado na presença do alumínio. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 912-920, 2008.

SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; MOURA, L. M. F.; MOURA, L. C.; TEIXEIRA, M. B. Crescimento da cana-de-açúcar sob aplicação de nitrogênio via gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, p. 1-11, 2014.

SUBBARAO, G.V.; ISHIKAWA, T.; ITO, O.; et al. A bioluminescence assay to detect nitrification inhibitors released from plant roots: a case study with *Brachiaria humidicola*. **Plant Soil**, v.288, p.101-112, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. (6ª ed.), ARTMED. 2017.

TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W.; GAVA, G.J.C.; SARRIÉS, GA. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduo da cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 637-646, 2002.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesq Agropec Bras.**, v. 42, n. 2, p. 249-256, 2007.