



**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Pós – Graduação em Engenharia Agrícola
Área de Concentração em Irrigação e Drenagem**



MARCOS FERREIRA DE MENDONÇA

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA – DE – AÇÚCAR SOB NÍVEIS DE
ADUBAÇÃO NITROGENADA E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO DE 2019

MARCOS FERREIRA DE MENDONÇA

ENGENHEIRO AGRÔNOMO

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA – DE – AÇÚCAR SOB NÍVEIS DE
ADUBAÇÃO NITROGENADA E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Tese ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do título de Doutor (D.Sc.) em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem.

Área de Concentração:

Engenharia de Irrigação e Drenagem

Orientadores: Prof. Dr. José Dantas Neto

Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO DE 2019

M539p Mendonça, Marcos Ferreira de.
Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação / Marcos Ferreira de Mendonça. – Campina Grande, 2019.
99 f.: il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.
"Orientação: Prof. Dr. José Dantas Neto, Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira".
Referências.

1. *Saccharum officinarum*. 2. Nutrição mineral. 3. Componentes da produção. 4. Produtividade da água. 5. Manejo hídrico. I. Dantas Neto, José. II. Oliveira, Emídio Cantídio Almeida de. III. Título.

CDU 633.61(043)



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Pós – Graduação em Engenharia Agrícola
Área de Concentração em Irrigação e Drenagem



PARECER FINAL DA BANCA EXAMINADORA DA TESE

MARCOS FERREIRA DE MENDONÇA

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA CANA – DE – AÇÚCAR SOB NÍVEIS DE
ADUBAÇÃO NITROGENADA E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

APROVADO:31 de agosto de 2018

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Dantas Neto
Orientador – UAEA/CTRN/UFCG

Dr. Pedro Dantas Fernandes
Examinador -UAEA/CTRN/UFCG

Dr. Luciano Marcelo Fallé Saboya
Examinador -UAEA/CTRN/UFCG

Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz
Examinador – UEPB

Dra. Patrícia Ferreira da Silva
Examinadora – PNPD/CAPES

A meu pai, **João Mendonça**
A minha mãe, **Irene Mendonça**

OFEREÇO

A minha esposa, **Jadainy Mendonça**
A minha filha, **Júlia Mendonça**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, não encontro palavras para expressar a minha gratidão, a Ele toda honra e toda glória, agora e para sempre.

Aos meus Pais, **João e Irene**, pelo incentivo e apoio, por me ajudar a enxergar o quanto trabalhar é digno e gratificante.

À minha esposa **Jady** e nossa filha **Júlia**, pelo apoio irrestrito e compreensão em todos os momentos.

À **Usina Central Olho D'Água S/A**, pela liberação, investimento, apoio e incentivo ao desenvolvimento deste projeto.

Ao **Dr. Murilo Tavares de Melo**, pelo apoio e reconhecimento ao nosso trabalho e pela valorização à experimentação agrícola.

A toda **Equipe Técnica** da Usina Central Olho D'Água S/A, em especial aos colaboradores **Moacir, Samuel e José Carlos (Preto)**, que juntamente com a equipe de experimentação e irrigação ajudaram a conduzir tão bem este trabalho em campo.

Ao meu Orientador e amigo, **Prof. Dr. José Dantas Neto**, que acolheu nosso projeto e nos deu a oportunidade de trabalhar juntos e compartilhou ensinamentos valiosos e experiência de vida.

Ao meu Orientador e amigo, **Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira**, por toda orientação, amizade e conhecimento compartilhado.

A todos os **Professores** do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

À Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Aos meus colegas de curso, **Aaron, Abel, Anderson (BOB), Antônio, Arsênio, Benjamim, Dante, Doroteu, Lenildo, Enoque, Flavio, José Alberto, José Rodrigues, Rosinaldo, Sebastiao, Patrícia, Pedro Henrique, Whellysson** e demais colegas.

A todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

MUITO OBRIGADO.

Sumário

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. Aspectos gerais da cana – de – açúcar.....	16
3.2. Variedades de cana – de – açúcar.....	17
3.3. Adubação nitrogenada	18
3.4. Exigências e exportação de nutrientes.....	19
3.5. Irrigação em cana – de – açúcar	21
3.6. Qualidade tecnológica	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Localização da área experimental.....	24
4.2. Caracterização da área experimental	24
4.5. Qualidade da água de irrigação	29
4.6. Sistema de Irrigação Utilizado	30
4.7. Manejo da Irrigação.....	30
4.8. Avaliação do sistema de irrigação	31
4.9. Variáveis Analisadas	32
4.9.1. Análise biométrica das plantas.....	32
4.9.2. Produtividade e qualidade tecnológica	32
4.9.3. Exportação e exigências de nutrientes.....	34
4.9.4. Produtividade da água (PA) e do Nitrogênio (PNc)	34
4.10. Análise Estatística.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1. Variáveis biométricas	36
5.2. Produtividade e qualidade tecnológica da cana – de – açúcar.....	58
5.3. Exportação de nutrientes em cana – de – açúcar.....	70
5.4. Exigências de nutrientes em cana – de – açúcar.....	74

5.5. Produtividade da água e do nitrogênio em cana – de – açúcar.....	82
6. CONCLUSÕES.....	90
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização físico-hídrica do solo utilizado no experimento.....	24
Tabela 2. Caracterização química do solo utilizado no experimento.....	25
Tabela 3. Caracterização de salinidade do solo e classificação.....	25
Tabela 4. Tipos de fertilizante, forma de adubação e quantidade do nutriente fornecida antes do plantio.....	27
Tabela 5. Tratamentos, fonte de nitrogênio e quantidade do nutriente aplicado em cada tratamento.....	28
Tabela 6. Análise da qualidade da água utilizada no experimento.....	30
Tabela 7. Coeficiente da cultura (kc) da cana – de – açúcar	31
Tabela 8. Resumo da análise de variância para altura da planta (AP) da cana planta ao longo do ciclo de cultivo.....	36
Tabela 9. Resumo da análise de variância para altura da planta (AP) da cana soca ao longo do ciclo de cultivo.....	39
Tabela 10. Resumo da análise de variância para o diâmetro do colmo da cana planta ao longo do ciclo de cultivo.....	44
Tabela 11. Resumo da análise de variância para o diâmetro do colmo da cana soca ao longo do ciclo de cultivo.....	50
Tabela 12. Resumo da análise de variância para o número de perfilhos da cana planta ao longo do ciclo de cultivo.....	52
Tabela 13. Resumo da análise de variância para o número de perfilhos da cana soca ao longo do ciclo de cultivo.....	55
Tabela 14. Resumo da análise de variância para qualidade tecnológica da cana – de – açúcar ciclo cana planta e soca ao final do ciclo de cultivo.....	59
Tabela 15. Resumo da análise de variância para exportação de nutrientes na cana planta e soca ao final do ciclo de cultivo.	71
Tabela 16. Resumo da análise de variância para exigências de nutrientes na cana planta e soca ao final do ciclo de cultivo.	75
Tabela 17. Resumo da análise de variância para produtividade da água com base no colmo e ATR e do nitrogênio na cana planta e soca ao final do ciclo de cultivo.	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Valores de precipitação pluvial, evapotranspiração de referência (ET_0) e lâminas de irrigação (L0, L1, L2, L3, L4, L5 e L6), para cana planta e soca, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2016, na região de Itambé, PE.....	26
Figura 2. Croqui da área experimental.	29
Figura 3. Altura de plantas da cana planta em função da lâmina de irrigação em cada época analisada.	37
Figura 4. Altura de plantas em função das variedades ao longo dos dias no ciclo cana planta.	38
Figura 5. Altura de plantas da cana soca em função da lâmina de irrigação em cada época analisada.	40
Figura 6. Altura de plantas em função das variedades ao longo dos dias no ciclo cana soca. .	41
Figura 7. Desdobramento da altura de plantas de cada variedade nas lâminas de irrigação aos 270 dias após o corte (A) e dos níveis de nitrogênio aplicado no solo aos 240 dias após o corte (B) no ciclo cana soca.....	42
Figura 8. Diâmetro do colmo da cana planta em função da lâmina de irrigação em cada época analisada.	45
Figura 9. Diâmetro do colmo em função das variedades (A) e em função dos níveis de nitrogênio (B) aplicado ao solo ao longo dos dias no ciclo cana planta.....	46
Figura 10. Desdobramento do diâmetro do colmo de cada variedade nas lâminas de irrigação aos 210 (A), 270 (B) e 300 (C) dias após o plantio no ciclo cana planta.	48
Figura 11. Diâmetro do colmo em função da lâmina de irrigação(A), em função da variedade (B) e desdobramento do diâmetro de cada variedade nas lâminas de irrigação aos 180 (C) e 210 (D) dias após o corte no ciclo cana soca.....	51
Figura 12. Número de perfilho por metro linear em função da variedade de cana – de – açúcar (A), desdobramento da interação variedade versus lâmina de irrigação (B), em função dos níveis de nitrogênio (C) e desdobramento da interação níveis de nitrogênio versus variedade aos 240 dias após o plantio(D) do ciclo cana planta.....	53
Figura 13. Número de perfilho por metro linear em função da lâmina de irrigação aos 120 dias após o corte (A), em função das variedades (B), dos níveis de nitrogênio aos 150 dias após o corte (C) e desdobramento dos níveis de nitrogênio dentro de cada variedade aos 180 dias após o corte (D) ciclo cana soca.	57
Figura 14. TCH cana planta (A), soca (B), açúcares totais recuperáveis cana soca - ATR (C), TPH cana planta (D), soca (E), teor de fibra (F) e pureza do caldo (G) da cana soca em função da lâmina de irrigação.....	61
Figura 15. TCH de cana planta (A), soca (B), ATR (C), TPH cana soca (D) e PZA da cana planta (E) em função das variedades estudadas.....	65
Figura 16. Desdobramento da variedade dentro de cada lâminas de irrigação de cana – de – açúcar para açúcares totais recuperáveis cana planta (A), pureza do caldo da cana planta (B), cana soca (C) ao final do ciclo de cultivo.....	66
Figura 17. Teor de fibras em função dos níveis de nitrogênio (A) e desdobramento dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação para TCH de cana planta (B) ao final do ciclo de cultivo.....	69

Figura 18. Exportação de nutrientes do ciclo cana planta em função da lâmina de irrigação ao final do ciclo de cultivo.	72
Figura 19. Exportação de nutrientes do ciclo cana planta (A) e da cana soca (B) em função das variedades de cana - de - açúcar e (C) em função dos níveis de nitrogênio estudados do ciclo cana soca.....	74
Figura 20. Exigências Nutricionais em função da lâmina de irrigação(A) e dos elementos minerais (B) da cana planta.	76
Figura 21. Desdobramento da interação de cada variedade dentro de cada lâmina de irrigação para Nitrogênio (A), Fosforo (B), Potássio (C), Cálcio (D), Magnésio (E) e Enxofre (F) ao final do ciclo de cultivo da cana soca.	79
Figura 22. Exigências nutricionais para o elemento fosforo da cana planta em função dos níveis de nitrogênio aplicada ao solo.....	82
Figura 23. Produtividade da água com base colmo e ATR cana planta (A), cana soca (B) em função da lâmina de irrigação e produtividade da água com base colmo (C) e produtividade do nitrogênio (D) em função da variedade estudada.	84
Figura 24. Desdobramento da interação da variedade dentro de cada lâmina de irrigação para a produtividade da água com base em colmo no ciclo cana planta.	86
Figura 25. Produtividade do nitrogênio com base em colmo da cana planta (A) e cana soca (B) em função dos níveis de nitrogênio.	87
Figura 26. Desdobramento da interação dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação para a produtividade de colmo (A) e da interação níveis de nitrogênio dentro de cada variedade (B) para a produtividade do nitrogênio no ciclo cana planta.	88

RESUMO

O conhecimento do manejo hídrico adequado em regiões que sofre com a irregularidade pluviométrica, assim como do nível de nitrogênio que venha a suprir as exigências nutricionais da cana – de – açúcar , são fatores fundamentais para se obter melhores rendimentos em produtividade e qualidade tecnológica. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade e qualidade da cana – de – açúcar sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação, nas condições da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco. O experimento foi realizado em dois anos consecutivos, nos ciclos de cana planta e soca, em condições de campo na Fazenda Olho D'Água no município de Itambé – PE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições, os tratamentos consistiram de duas variedades de cana – de – açúcar (RB92579 e RB002754), quatro lâminas de irrigação (L1=12; L2=45; L3=100 e L4=125% de reposição da evapotranspiração da cultura – ETc (para o ciclo de cana planta) e (L1=10; L2=40; L3=100 e L4=125% da ETc, para cana soca) e quatro níveis de adubação nitrogenada (N1=0; N2=50; N3=100 e N4=200 kg ha⁻¹ de N). Os dados foram submetidos a análise de variância através do programa R, e quando significativos para fatores quantitativos realizou-se a regressão para os fatores qualitativos teste de Tukey ao nível de 5%. A cana – de – açúcar irrigada com as maiores lâminas no ciclo cana planta e soca promoveu maiores crescimentos em altura de planta, diâmetro de colmo, número de perfilhos e produziu em média mais 45,0 t ha⁻¹ a mais quando comparada a cana – de – açúcar irrigada com as menores lâminas de irrigação. Os açúcares totais recuperáveis (ATR), a produtividade de açúcar (TPH) teor de fibra e pureza possui relação positiva com o aumento da lâmina de irrigação na cana planta e soca e, o teor de fibra tem relação negativa com os níveis de nitrogênio independente da variedade utilizada. A variedade RB002754 foi superior a RB92579 nos parâmetros biométricos, TCH e produtividade da água no ciclo cana planta, contudo a RB92579 obteve melhor desempenho no ciclo cana soca para TCH, ATR e pureza. No ciclo cana planta houve maior exportação e exigência de macronutrientes para RB92579, e para cana soca as maiores médias foram da RB002754. A exigência nutricional para produzir uma tonelada de colmo por hectare e a exportação de nutrientes mostrou maior requerimento dos macronutrientes na cana soca, exceto para o potássio. A variedade RB92579 foi considerada mais eficiente na utilização dos macronutrientes devido a sua baixa exigência, sendo recomendadas para solos de fertilidade natural mais baixa. A produtividade da água com base colmo e ATR teve relação inversa com o aumento na lâmina de irrigação independente da variedade estudada RB002754 ou RB92579 para o ciclo cana planta e soca. A produtividade do nitrogênio diminuiu acentuadamente com o aumento dos níveis de N, a partir de 0 kg de N ha⁻¹ no ciclo cana planta e soca.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, nutrição mineral, componentes da produção, produtividade da água, manejo hídrico.

ABSTRACT

Knowledge of adequate water management in the region suffering from rainfall irregularity, as well as the level of nitrogen that will meet the nutritional requirements of sugarcane, are fundamental factors to obtain better yields in terms of productivity and technological quality. Thus, the objective of this work was to evaluate the productivity and quality of sugarcane under nitrogen fertilization levels and irrigation slides, under the conditions of the Northern Zone of the State of Pernambuco. The experiment was carried out in two consecutive years, in the cycles of cane plant and ratoon regrowth, under field conditions at Fazenda Olho D'Água in the municipality of Itambé - PE. The treatments consisted of two sugarcane varieties (RB92579 and RB002754), four irrigation depth (L1=12; L2=45; L3=100 and L4=125% of Evapotranspiration of The Crop - ETc, for the cane plant cycle) and L1=10; L2=40; L3=100 and L4=125% of ETc) for cane regrowth and four nitrogen fertilization levels (N1 = 0, N2 = 50, N3 = 100 and N4 = 200 kg ha⁻¹ of N). The data were submitted to analysis of variance through the R program, and when significant for quantitative factors the regression for the Tukey test qualitative factors at the 5% level was performed. The sugarcane irrigated with the largest depths in the cycles of cane plant and regrowth promoted higher growth in plant height, stem diameter, number of tillers and produced an average of 45.0 t ha⁻¹. The recoverable total sugars (ATR), sugar yield (TPH) fiber content and purity is positively related to the increase of the irrigation depth in the cane plant and regrowth, and the fiber content has a negative relation with the levels of independent nitrogen of the variety used. The RB002754 variety was superior to RB92579 in the biometric parameters, TCH and water productivity in the plant sugarcane cycle, however the RB92579 obtained better performance in the regrowth cycle for TCH, ATR and purity. In the plant cane cycle there was greater export and requirement of macronutrients for RB92579, and for cane regrowth the highest averages were of RB002754. The nutritional requirement to produce a ton of stalk per hectare and the export of nutrients showed a higher requirement for macronutrients in cane regrowth, except for potassium. The RB92579 variety was considered to be more efficient in the use of macronutrients due to their low requirement and are recommended for soil lower natural fertility. The yield of water based on stalk and ATR was inversely related to the increase in irrigation depth independent of the studied variety RB002754 or RB92579 for the cane and plant cycle. Nitrogen productivity decreases markedly with increasing levels of N, from 0 kg of N ha⁻¹ on the cane and plant cycle.

Keywords: *Saccharum officinarum*, mineral nutrition, production components, water productivity, water management.

1. INTRODUÇÃO

A cana – de – açúcar é considerada a cultura agrícola produzida em maior quantidade no mundo. Quase dois bilhões de toneladas desta cultura são colhidos a cada ano. Excede o nível de produção das culturas de grãos como trigo, arroz e milho (CONAB, 2017). Esta cultura é responsável pela maior parte do açúcar produzido no mundo, referente a cerca de 80% do suprimento mundial, superando culturas como a beterraba (NEVES et al., 2017).

Na safra 2017/2018, a área ocupada pela cultura da cana – de – açúcar no Brasil foi de 10.245.102 hectares, na Região Norte/Nordeste, por exemplo, a área ocupada chegou a 1.062.403 ha. A moagem total de cana – de – açúcar no Brasil foi de 641,06 milhões de toneladas, no Nordeste foram esmagadas cerca de 44,8 milhões de toneladas. A produção total de açúcar foi de 38,59 milhões de toneladas, enquanto que a produção de etanol atingiu o patamar de 27,86 milhões de m³.

Henry (2010) afirma que esta cultura é utilizada como fonte de energia, razão pela qual, o cultivo de cana – de – açúcar tem se expandido, sobretudo em regiões de climas tropicais e subtropicais. Tendo em vista que os períodos de seca reduzem significativamente a produtividade da cana – de – açúcar, nesse sentido, o desenvolvimento de variedades adaptadas a esta condição, o nutricional e suprimento hídrico adequado são fatores determinantes para o aumento da produção e ampliação de novas áreas de cultivo.

Salviano et al. (2017) relatam que em decorrência da comprovada importância da cultura para a economia nacional, anualmente, os centros de pesquisa em melhoramento vegetal distribuídos pelo país, vêm selecionando híbridos tolerantes e com maior eficiência no uso da água e nutrientes, resistentes a pragas e doenças, elevadas produtividade, e indicadores de qualidade das variáveis tecnológicas, como: teor de fibra e de açúcar recuperável na cana; pureza, sólidos solúveis, açúcares redutores e percentagem de sacarose aparente no caldo.

Considerando os impactos que a nutrição mineral destes híbridos pode causar nessas variáveis, há uma crescente necessidade do maior conhecimento sobre a sua nutrição, principalmente no que se refere ao nitrogênio (N). Uma vez que o manejo inadequado da adubação nitrogenada de um canavial pode levar a drásticas reduções de produtividade (VITTI et al., 2007).

Simões – Neto et al. (2009); Uribe et al. (2016) e Dellabiglia et al. (2018) afirmam que a cana – de – açúcar tem alta demanda de nutrientes, com destaque para o nitrogênio, de forma

que a adubação nitrogenada tem efeito direto na brotação e perfilhamento refletindo na capacidade produtiva da cultura.

De acordo com Oliveira et al. (2010) o nitrogênio é um nutriente muito absorvido pela cana – de – açúcar , cerca de 94 a 260 kg ha⁻¹ de N, variando a extração com o híbrido utilizado, sendo superado apenas pelo K.

O fornecimento hídrico e nutricional são fatores a serem destacados como de relevância para a produtividade da cana – de – açúcar . A disponibilidade hídrica do solo interfere diretamente na produtividade da cana – de – açúcar, visto que a água é considerada fator limitante ao crescimento, desenvolvimento e à fotossíntese (RHEIN, 2013; URIBE et al., 2016). A cultura da cana – de – açúcar possui certa tolerância ao estresse hídrico, no entanto, responde satisfatoriamente a irrigação (SINGH et al., 2007). A irrigação, neste cenário, é uma importante ferramenta para reduzir os efeitos da escassez hídrica e conseqüentemente elevar o potencial produtivo de colmos de cana – de – açúcar, ou seja, tem por finalidade suprir a demanda hídrica da cultura (RHEIN, 2013; URIBE et al., 2016).

Vieira et al. (2014) dizem que a depender da variedade utilizada, quanto maior a lâmina de irrigação aplicadas maiores serão os valores de sólidos solúveis totais (°Brix), Pol, pureza, ATR e produtividade de açúcares, proporcionando um melhor rendimento econômico, observando deste modo o efeito de lâminas de água de irrigação na qualidade industrial da cana – de – açúcar .

Tanto o manejo adequado da irrigação quanto o fornecimento de nutrientes em quantidade são fundamentais para que a cana – de – açúcar tenha pleno desenvolvimento, no entanto, faz-se necessário o conhecimento da quantidade de água e nutrientes a serem aplicados em cada variedade estudada, para que se possam fazer recomendações sem ter reduções em sua produtividade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a produtividade e qualidade da cana – de – açúcar sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação, nas condições da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a biometria da cana – de – açúcar no ciclo cana planta e soca, sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação;
- Quantificar a eficiência do uso da água e do nitrogênio sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação;
- Determinar o rendimento agroindustrial, em termos de produção de colmos e produção de açúcar por hectare, índices tecnológicos e a eficiência no uso da água pelas cultivares cana – de – açúcar , sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação;
- Determinar a extração e exigências de nutrientes, por variedades de cana – de – açúcar, sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais da cana – de – açúcar

A cana – de – açúcar pertence à família das Poaceae e ao gênero *Saccharum*, que abrange várias espécies, porém a cana – de – açúcar cultivada atualmente é híbrida, além disso, é considerada um dos principais produtos agrícolas do Brasil, responsável pela 1ª posição no ranking mundial de produção da cultura (DINARDO-MIRANDA et al, 2008).

Silva et al. (2015) afirmam que a cana – de – açúcar desempenha papel de extrema importância para a economia do Brasil, sendo um dos maiores produtores mundiais, com 8,36 milhões de hectares de área cultivada e produção anual em torno de 558 milhões de toneladas de colmos. A cada ano a cultura vem apresentando aumento significativo, por causa da implantação de novas unidades em vários estados brasileiros (SILVA, 2011).

A cultura se desenvolve bem sob estação quente com incidência de alta radiação e umidade adequada, seguida de um período seco, ensolarado e mediantemente frio, porém sem geadas durante a maturação e a colheita. As condições climáticas ideais para a cana – de – açúcar são aquelas com temperaturas médias diárias em 30 °C, com fornecimento adequado de água e na estação de maturação e colheita a temperatura deve ser mais baixa, em torno de 10 °C (PRADO et al., 2017).

Benett (2011) relatam que a cana – de – açúcar é bem adaptada aos climas tropical e subtropical e se enquadra entre as Poaceae de maior eficiência fotossintética, por apresentar metabolismo C4, o que propicia uma taxa de crescimento e eficiência do uso da água duas a três vezes maiores que as plantas de metabolismo C3. Contudo, é uma cultura que demanda elevado volume de água no seu sistema de produção, consumindo entre 1.500 e 2.000 mm por ciclo anual para produtividade em torno de 100 a 150 Mg ha⁻¹ (DOORENBOS & KASSAN, 1979).

A cana – de – açúcar pode ser cultivada em vários tipos de solo, porém o solo ideal é aquele que não possui limitações de profundidade, drenagem e compactação em decorrência da mecanização excessiva, com faixa de pH ótima de 6,0-6,5, podendo tolerar um nível considerável de acidez e alcalinidade do solo (TEODORO, 2011).

A cana – de – açúcar está inclusa entre as plantas propagadas vegetativamente nos plantios comerciais, sua propagação é realizada por toletes contendo uma ou mais gemas, os fatores que interferem no processo de perfilhamento podem ser: a variedade, a luminosidade

que, se baixar, pode reduzir o perfilhamento, a temperatura que, na medida em que se eleva, pode aumentar o perfilhamento até atingir os 30 °C, a nutrição equilibrada e principalmente a umidade do solo (DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

Oliveira et al. (2010) ressaltam que a fase de crescimento dos colmos começa a partir de 120 dias após o plantio e dura até os 270 dias, em um cultivo de 12 meses, esta é a fase mais importante do cultivo, pois é quando ocorre a formação do colmo, que resulta em produção.

3.2. Variedades de cana – de – açúcar

A introdução de novas variedades busca a adaptação da cultura a diferentes ambientes e manejo, como pode ser constatado no desenvolvimento de variedades voltadas ao cultivo em novas fronteiras agrícolas e no sistema de colheita mecânica (MACHADO JUNIOR et al., 2015).

As variedades de cana – de – açúcar são híbridos obtidos por um cuidadoso e criterioso trabalho de seleção, e melhoramento genético entre as variedades conhecidas, fazendo com que características desejáveis para regiões e situações específicas sejam agrupadas por cruzamentos (COSTA et al., 2011). As canas plantadas no mundo inteiro são híbridos dessas variedades botânicas. Entretanto, convencionaram-se chamar todos esses híbridos de ‘variedades’, dando-lhes nomes compostos de siglas da instituição que efetuou o cruzamento, do ano em que o mesmo foi realizado e um número sequencial das seleções (MACHADO JUNIOR et al.2015).

Morais et al. (2015) esclarecem m que as variedades desenvolvidas e cultivadas no Brasil e no mundo são híbridos oriundos basicamente do gênero *Saccharum* que inclui seis espécies, sendo duas selvagens, *S. spontaneum* Linnaeus e *S. robustum* Brandes e Jeswit ex Grassl. e quatro formas cultivadas, *S. officinarum* Linnaeus, *S. barberi* Jeswit, *S. sinensis* Roxb. e *S. edule* Hassk. No entanto, as espécies que mais tem contribuído para o genoma de variedades modernas são *S. officinarum* e *S. espontaneum*. A espécie *S. officinarum* ou cana-nobre que são capazes de acumular altos níveis de sacarose no colmo, mas possuem pouca resistência as doenças.

Os programas de melhoramento genético de cana – de – açúcar com tradição no Brasil são: o Instituto Agrônomo de Campinas - IAC; Centro de Tecnologia Canavieira - CTC, que incorporou o programa das cultivares SP da Coopersucar; e Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa), que desenvolve cultivares da sigla RB

(FIGUEIREDO, 2010). O programa da Ridesa tem acentuada contribuição para a matriz energética do Brasil, pois na safra 2014/2015 foi responsável por 68% das variedades de cana cultivadas no País (DAROS et al., 2015).

Na região nordeste do Brasil destacam-se as variedades RB92579, RB867515, RB863129 e a RB872552, mais recentemente foi lançada a RB002754 todas oriundas do da Ridesa – PMGCA. Estas têm como principais características maior tolerância à seca, um problema característico da região Nordeste, além disso, mesmo em áreas irrigadas, essas variedades respondem satisfatoriamente.

3.3. Adubação nitrogenada

A adubação nitrogenada destaca-se como umas das práticas culturais mais estudadas na cultura da cana – de – açúcar. A grande importância do nitrogênio para a cana – de – açúcar diz respeito ao fato dela ser uma planta de metabolismo de carbono do tipo C4, caracterizado por altas taxas de fotossíntese líquida e eficiência na utilização no nitrogênio e da energia solar, sendo altamente eficiente na produção de fotoassimilados (GAVA et al., 2011). Como o nitrogênio é parte constituinte de todos os aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, participando direta e indiretamente de vários processos bioquímicos, a sua carência promoverá a diminuição na síntese de clorofila, e aminoácidos essenciais, como também da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura (MALAVOLTA et al., 1997).

As plantas absorvem a maior parte do nitrogênio em forma de íons (NH_4^+ ou NO_3^-), sendo o NO_3^- a forma que ocorre com maior frequência (SOUSA & LOBATO, 2004). Um pouco de ureia pode ser absorvida diretamente pelas folhas, bem como pequenas quantidades de N podem ser obtidas de materiais como aminoácidos solúveis em água. O nitrogênio, ao ser absorvido da solução do solo, incorpora-se na planta na forma de aminoácidos. Uma vez aumentado o fornecimento de N, as proteínas sintetizadas a partir dos aminoácidos promovem o crescimento das folhas, aumentando assim a superfície fotossintética (CANTARELLA, 2007).

As respostas à adubação nitrogenada variam conforme a cultura, sendo de maior magnitude nas gramíneas (SOUSA & LOBATO, 2004). Vários fatores influenciam o potencial de resposta do N, dentre eles pode-se destacar: suprimento de outros nutrientes, profundidade do perfil do solo com presença efetiva de raízes, tempo de cultivo, sistema de

preparo do solo, rotação de culturas, intensidade de chuvas, nível de radiação solar e teor de matéria orgânica do solo devido ao grande número de fatores que influenciam na resposta à adubação nitrogenada. Com isso, definir a dosagem de aplicação correta para as diferentes culturas não é uma tarefa simples.

A adubação da cana – de – açúcar é uma das mais importantes práticas no manejo para que se obtenha elevados níveis de produtividade (GAVA et al., 2011). A resposta da cana – de – açúcar às adubações, principalmente relacionado ao N é bastante influenciada pela palhada que fica no solo, pois a mineralização deste material (matéria orgânica) disponibiliza grandes quantidades de N para a cultura (BASTOS et al. 2017).

Vieira-Megda et al. (2015) explicam que a cana – de – açúcar acumula em média na palhada 73,14 t ha⁻¹ de nitrogênio, quando é realizada adubações com 100 kg ha⁻¹ de N, e todo esse N presente nessa matéria orgânica potencialmente com a colheita mecanizada, pode retornar ao solo e ser aproveitado pelos ciclos subsequentes da cana – de – açúcar.

Otto et al. (2009), estudando a fitomassa de raízes e da parte aérea da cana – de – açúcar submetida à adubação nitrogenada de plantio em dois solos diferentes (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico e LATOSSOLO VERMELHO Distrófico), verificaram que a adubação nitrogenada de plantio promoveu aumento no crescimento de raízes e da parte aérea da cana-planta em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico. No entanto, no LATOSSOLO VERMELHO Distrófico com grande quantidade de N orgânico incorporado ao solo por meio de resíduos culturais, a adubação nitrogenada de plantio não afetou o crescimento de raízes e da parte aérea da cana-planta, sendo verificado efeito na cana soca.

Já Schultz et al. (2010), pesquisando o efeito residual da adubação na cana planta e da adubação nitrogenada com ureia e potássica na cana soca colhidas com e sem a queima da palhada, obtiveram incremento no rendimento de colmos de 32,8 Mg ha⁻¹ e 46,1 Mg ha⁻¹ quando a cana de primeira soca recebeu 80 kg ha⁻¹ de N incorporado ao solo, na cana colhida crua e queimada, respectivamente.

3.4. Exigências e exportação de nutrientes

A quantidade de nutrientes exigidos pelas culturas e exportados pelas plantas varia com a variedade, manejo do solo, ciclo da cultura e dos nutrientes disponíveis para o desenvolvimento das plantas. Para os micronutrientes, o manganês, é o segundo mais exigido

pela cana – de – açúcar, podendo causar problemas na produtividade, se ocorrer deficiências (BENETT et al., 2013).

O conhecimento da exigência nutricional da cana – de – açúcar torna-se fundamental para o estudo da adubação, indicando a quantidade de nutrientes que deve ser utilizada para produção de determinado produto, sem que haja limitações para sua produção (COLETI et al., 2006). A exigência nutricional para produção de uma tonelada de colmo por hectare (TCH) variou de 0,92 a 1,80 kg de N, 0,09 a 0,17 de P, 0,63 a 3,2 de K, 0,11 a 0,56 de Ca, 0,13 a 0,48 de Mg e 0,15 a 0,28 de S em estudos conduzidos por (COLETI et al., 2006; FRANCO et al., 2008).

Já Malavolta et al. (1997) afirmam que a quantidade de nutrientes exigida por uma tonelada de cana produzida é de 1,20; 0,36; 1,48; 1,12; 0,68 e 0,36 kg de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO e S, respectivamente. Coleti et al. (2006) relatam para cana planta, a seguinte ordem de extração de nutrientes: K > N > S > P > Mg > Ca, e na cana soca: K > N > P > Mg > S > Ca .

Nesse sentido, a identificação da quantidade de nutrientes demandada para produção de uma tonelada de colmo de cana – de – açúcar nas diferentes variedades estudadas ou cultivadas nos canaviais brasileiros, é indispensável para obtenção de altas produtividades, assim como para recomendar corretamente variedades para condições de baixo suprimento de nutrientes pelo solo ou para situações que permitam o máximo desenvolvimento da cultura quando combinadas com o uso da irrigação (BENETT et al., 2013). A quantidade do elemento retirada da área de plantio pelos produtos da colheita é denominada exportação, o que depende da finalidade da cultura para produção de álcool, açúcar ou forragem (MALAVOLTA et al., 1997).

Dessa forma, a quantificação da exportação de nutrientes pela cana – de – açúcar é de essencial importância para que se conheça a dinâmica dos nutrientes nos diversos compartimentos, podendo-se assim, encontrar indicadores de possíveis impactos que algumas técnicas de cultivos podem causar (OLIVEIRA et al. 2010).

Salviano et al. (2017) afirmam que a exportação nutricional em cana – de – açúcar, possui a seguinte ordem: K>N>S>Ca>P>Mg. O K é considerado o nutriente mais exportado, 87% do total absorvido, enquanto o Ca possui a menor taxa de exportação (44%). Estes autores afirmam que a colheita é responsável pela maior exportação de nutrientes acumulados pela cultura da cana – de – açúcar, cerca de 60 a 90 % do total de nutrientes acumulados são exportados pela colheita.

Oliveira et al. (2010) em seu estudo sobre a extração e exportação de nutrientes por variedades de cana – de – açúcar cultivadas sob irrigação plena, relatam que a exportação de

N, P, K, Ca e Mg das variedades revelaram que 51, 60, 58, 83 e 76 %, respectivamente, dos nutrientes absorvidos foram exportados pelo colmo da cana – de – açúcar durante o ciclo de cana planta.

3.5. Irrigação em cana – de – açúcar

O rendimento e a produção de cana – de – açúcar em ambientes irrigados dependem da quantidade de água aplicada, do manejo de irrigação combinado com a quantidade certa de adubação, variedade, idade do corte, tipo de solo e do clima (DANTAS NETO et al., 2006). A exigência hídrica da cana – de – açúcar varia também conforme o estágio vegetativo em que a cultura se encontra e a variedade utilizada sendo, assim, função da área foliar, do estágio fisiológico e da densidade radicular (URIBE et al., 2016).

De acordo com Teodoro (2011) a exigência hídrica total da cana soca irrigada, variedade RB92579, cultivada por aproximadamente 12 meses na região semiárida, é de 1.710 mm. Teodoro et al. (2013) relatam que os estudos relacionados ao consumo de água pela cultura e o uso de recursos hídricos para a irrigação vem se tornando cada vez mais frequentes, visto que tal operação é um dos fatores de maior influência na produtividade agrícola e no custo de produção da cana – de – açúcar. Para suprir as necessidades hídricas das plantas deve-se estimar a evapotranspiração da cultura (ETc). Assim, para que as plantas atinjam a potencial evapotranspiração é necessário que o teor de umidade do solo esteja igual ou próximo da capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) (SILVA et al., 2015).

No entanto, para se aplicar a lâmina de irrigação adequada, o agricultor precisa conhecer a demanda hídrica da cultura que permita a obtenção de produtividades satisfatórias (KISI, 2010), sendo necessária a estimativa precisa da evapotranspiração para o manejo eficiente da irrigação (FARIAS et al., 2008).

Campos et al.(2014) afirmam que para se manejar adequadamente a irrigação das culturas, é necessário que se estabeleça limites mínimos de armazenamento de água no solo, de modo que este forneça água às plantas satisfatoriamente. Para isso utiliza-se o fator f , que é um fator de segurança e tem sua proporção definida segundo o valor econômico e a sensibilidade da cultura ao déficit hídrico. Um fator f de 0,4 significa que as plantas podem consumir até 40% de toda água disponível no solo, sem que haja redução significativa da produtividade.

Todavia, a utilização dessa técnica deve ser extremamente criteriosa, uma vez que faz uso de um recurso natural muito importante devido à sua iminente escassez, que é a água (SANTOS, 2010). Como nem sempre as chuvas atendem a real ou potencial necessidade hídrica de uma cultura, surge à necessidade de irrigação que, quando bem planejada, tem retorno econômico significativo (FERREIRA, 2010). Para a escolha do correto sistema, deve-se identificar a aptidão de cada sistema às condições específicas consideradas, e, por meio de uma análise técnica e econômica criteriosa, definir o sistema mais recomendado (DALRI et al., 2008).

De acordo com Carr & Knox (2011), novas formas de se manejar a irrigação têm sido desenvolvidas e propostas, mas poucos resultados têm sido aplicados. O manejo de água adequado e estratégico pode ser feito utilizando-se a eficiência de uso da água (FARIAS et al., 2008) para ajustar o planejamento e a tomada de decisão da irrigação, aumentando a produtividade da cultura.

Segundo Teodoro et al. (2013), os métodos de irrigação definem a forma como a água é aplicada nas plantas e os sistemas de irrigação são representados pelos equipamentos, as estruturas e os demais artifícios utilizados nos respectivos projetos. Os métodos de irrigação podem ser divididos em: irrigação superficial, irrigação por aspersão e irrigação localizada.

3.6. Qualidade tecnológica

Uma das maiores preocupações nos canaviais é com relação a qualidade industrial da matéria prima, já que a concentração de açúcares tem a sua importância destacada, pois, a partir destes são obtidos os demais subprodutos da cana – de – açúcar, dependendo diretamente de parâmetros tecnológicos como o °Brix (teor de sólidos solúveis), Pol (teor de sacarose), PZA (pureza do caldo), fibras e PCC (percentagem de açúcar bruto), onde a partir deles é possível estimar o valor da tonelada da cana produzida e o seu potencial econômico (CORREIA et al., 2014).

No entanto, a obtenção de um produto de alto rendimento e um produto final de qualidade está diretamente relacionado com a qualidade da matéria prima, que deve ser fresca, livre de impurezas e sem a presença de pragas e doenças (FIGUEIREDO et al. 2008).

Horii (2004) relatam que a composição química e tecnológica da cana – de – açúcar varia em função de muitos fatores, tais como: variedade, espaçamento e perfilhamento, idade ou corte, estágio de maturação, clima ao longo do ciclo, propriedades físicas e químicas do

solo, adubação, tratos culturais, rápido fechamento das touceiras, sanidade, brotação da soqueira, florescimento e com o manejo da irrigação.

O caldo extraído de um hectare de cana – de – açúcar tem por volta de 15° Brix com uma pureza que flutua entre 80 e 87%. Assim, 100 t de caldo devem conter 15 t de sólidos totais e entre 12 e 13% de Pol. A quantidade de não-açúcares (impurezas) pode variar de 3 a 3% (MESCHEDE et al., 2009).

Outros países estabelecem como rendimento econômico da cultura, a quantidade de açúcar obtida por hectare, contendo os colmos de 7 a 13% de sacarose, além de 11 a 16% de fibra. Moura et al. (2014) e Farias et al. (2009) afirmam que a qualidade tecnológica da cana – de – açúcar melhora de forma expressiva com o fornecimento hídrico adequado a cultura. O fornecimento adequado de água durante o ciclo da cultura pode aumentar a sua produtividade e ATR com lâminas equivalentes a 75% da capacidade de campo (FARIAS et al., 2009).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização da área experimental

A pesquisa foi realizada por dois anos consecutivos, nos ciclos de cana planta (Safrá 2015/2016) e cana soca (Safrá 2016/2017), em condições de campo na Fazenda Olho D'Água II (Latitude 07°23'12'' S, Longitude 35°14'51'' W e altitude de 119,0 m), localizada na extremidade Sul da bacia hidrográfica do baixo Rio Paraíba, no município de Itambé – PE, entre os estados de Pernambuco e Paraíba.

4.2. Caracterização da área experimental

O preparo do solo da área experimental foi através de tradagens e abertura de trincheiras, para posterior coleta de amostras nas profundidades de 0-20; 20-43; 43-67; e + 67 cm, para determinação das características, físicas, químicas e hídricas do solo (Tabela 1). Fisicamente, o solo da área foi caracterizado quanto granulometria; densidade do solo; densidade das partículas; curva característica de umidade; condutividade hidráulica; capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Todas as análises seguiram a metodologia proposta pela EMBRAPA (2013) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-hídrica do solo utilizado no experimento.

Profundidade (cm)	Granulometria			Textura	Densidade		Umidade		Porosidade	Grau de Floculação
	Areia	Silte	Argila		Global	Partículas	CC	PMP		
	g.dm ⁻³				g.cm ⁻³		MPa			(%)
0-20	572	264	164	Franco- Argilo- Arenoso	1,58	2,56	20,6	13,2	38	59
20-43	289	267	444	Argila	1,39	2,60	33,5	22,4	46	62
43-67	383	233	384	Franco- Argiloso	1,2	2,63	28,7	15,9	46	100
+ 67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Quimicamente os solos foram caracterizados quanto ao pH (H₂O); pH(KCl); Ca²⁺; Mg²⁺; K⁺; Al³⁺; (H⁺+Al³⁺); P; C; P-remanescente. O Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídos por KCl 1,0 mol L⁻¹; o P e o K por Mehlich⁻¹ e o (H⁺+Al³⁺) por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, conforme EMBRAPA (2013). O Ca²⁺ e o Mg²⁺ foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o K⁺, por fotometria de chama; o P por colorimetria, o Al³⁺ e o (H⁺+Al³⁺) por titulometria; o C por combustão úmida com

dicromato de potássio e o P-remanescente para o complexo sortivo e o extrato de saturação (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química do solo utilizado no experimento.

Profundidade e (cm)	Complexo Sortivo													
	pH(1:2,5)	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	H ⁺ +Al ₃₊	T	P	Al ³⁺	V	C	MO	PST	SAT.Al ³⁺
	cmol _c dm ⁻³					mg _{dm⁻³}			(%)		g.kg ⁻¹			
0-20	5,4	2,6	1,6	0,3	4,7	1,7	6,5	91	0,0	73	1,2	2,1	2,9	0,0
20-43	5,4	10,3	9,6	0,5	22,3	1,6	23,9	3	0,0	93	0,7	1,2	7,4	0,0
43-67	5,8	9,2	10,3	1,1	21,6	0,8	22,5	1	0,0	96	0,9	1,5	8,8	0,0
+ 67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A determinação da condutividade elétrica em dSm⁻¹ e a classificação quanto a salinidade e sodicidade foi caracterizada por meio do extrato de saturação, nas diferentes profundidades estudadas, conforme metodologia proposta por Richards (1954) (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização de salinidade do solo e classificação.

Profundidade (cm)	Extrato de saturação		
	CE	Classificação	
	(dSm ⁻¹)	Salinidade	Alcalinidade
0-20	0,4	Normal	Normal
20-43	1,7	Normal	Sódico
43-67	1,6	Normal	Sódico
+ 67	-	-	-

O solo da área experimental é classificado como PLANOSSOLO HAPLICO Eutrófico Solódico, A moderado, textura média/argilosa, pouco profundo, moderadamente ácidos, mal drenados, relevo plano a suavemente ondulado (SXe2) de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2013). Apresenta boa aptidão para irrigação e se enquadra na classe de terra para irrigação a3ZW, com boa disponibilidade de água, drenabilidade com deficiência moderada, além de possuir fertilidade natural, sendo considerada de média a alta em consequência da alta quantidade de vinhaça aplicada em cultivos anteriores.

A região onde está inserida a fazenda possui classificação climática do tipo As', clima quente e úmido com chuvas de outono e inverno apresentando 06 (seis) meses secos segundo Köppen. A localidade possui precipitação média anual de 1.100mm e temperatura média anual de 25,3°C. A média mensal de temperatura, umidade relativa e precipitação da área experimental para cana planta (ano de 2015) e cana soca (ano de 2016) encontram-se na Figura 1.

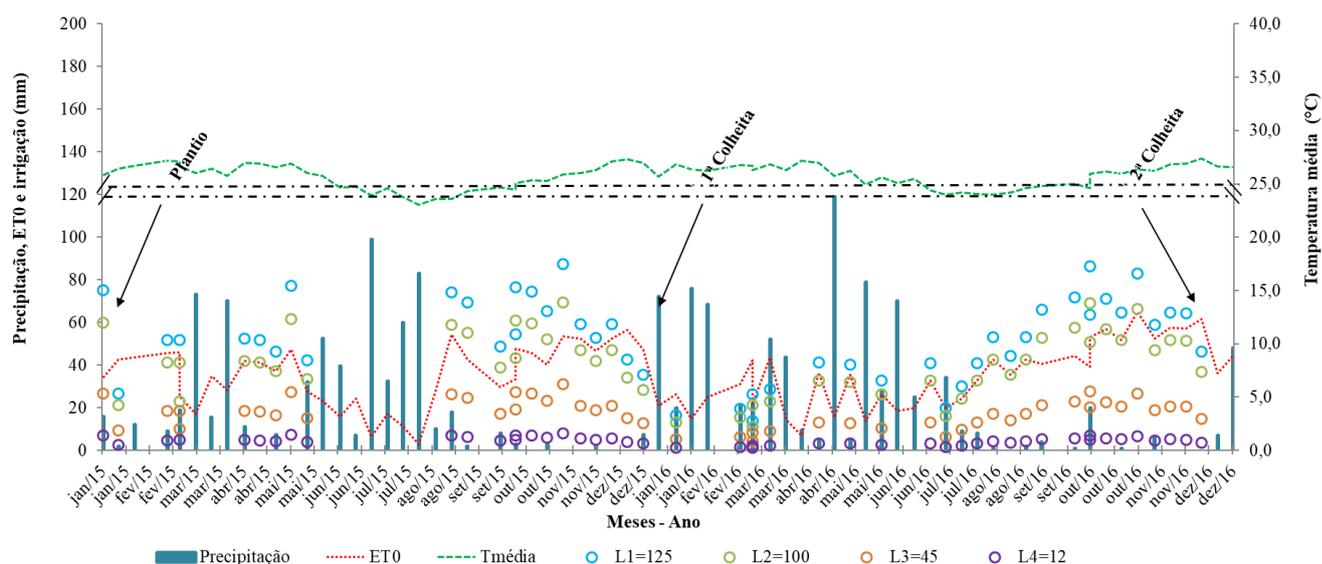


Figura 1. Valores de precipitação pluvial, evapotranspiração de referência (ET_0) e lâminas de irrigação (L0, L1, L2, L3, L4, L5 e L6), para cana planta e soca, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2016, na região de Itambé, PE.

4.3. Preparo do solo, plantio e tratos culturais

O preparo de solo consistiu de gradagem pesada para incorporação dos corretivos de solo e destruição de restos culturais, seguida de subsolagem e da abertura dos sulcos de plantio. A correção de solos foi realizada com a utilização de calcário e gesso agrícola, cuja dose foi calculada para elevar a saturação de bases para 80 %, correspondendo a 650 kg ha^{-1} de calcário (PRNT de 70%) e $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso com base na análise dos atributos do solo (RAIJ et al. 1997).

Com base na análise de solo e na extração da cultura, foi realizada a adubação de fundação com fósforo e micronutrientes por ocasião do plantio. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato simples, correspondendo a 700 kg ha^{-1} , ou seja, 126 kg ha^{-1} de P_2O_5 . A adubação com micronutriente foi de acordo com a recomendação proposta por (OLIVEIRA et al., 2010) para a cana de açúcar, aplicada no fundo do sulco de plantio, foram utilizados os seguintes micronutrientes: (Zn, Mn, Cu, B e Mo) nas doses de 1,0; 1,0; 0,5; 0,3 e $0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ na forma de fertilizantes líquidos quelatizados (Tabela 4).

Tabela 4. Tipos de fertilizante, forma de adubação e quantidade do nutriente fornecida antes do plantio.

Fertilizante	Tipo de Adubação	Dose (kg ha ⁻¹)	Elemento Químico	Quantidade do Nutriente (kg ha ⁻¹)
Superfosfato simples	Fundação	700	P ₂ O ₅	126
			N	1,240
			Zn	0,744
			Mn	0,744
Fertilizante Starter Cana	Fundação	20	Cu	0,124
			B	0,124
			S	0,868
			Mo	0,013
Fertilizante Stoller Cu	Fundação	1,0	N	0,060
			Mn	0,012
			Cu	0,06
Fertilizante Stoller B	Fundação	1,0	N	0,067
			B	0,134
Fertilizante Stoller Celerate	Fundação	0,5	P ₂ O ₅	0,060
			Zn	0,037
			Mo	0,074

Após incorporação dos corretivos (calcário e gesso), assim como os micronutrientes, foram abertos sulcos de plantio, espaçados com 1,5 metros entre as linhas. Em seguida, foram semeados os colmos sementes, no fundo do sulco de plantio de forma manual. Os colmos foram distribuídos com a base do colmo junto com parte superior de outro colmo ("pé-com-ponta") e posteriormente foram cortadas em toletes no tamanho médio de 30 a 40 cm, permanecendo com 3 gemas por tolete, de modo que atingissem 18 gemas por metro linear. O controle das ervas daninhas foi realizado com o uso do herbicida METRIBUZIN, na dose de 3,0 Lha⁻¹, sendo aplicado utilizando um pulverizador Herbiplus G3S.

4.4. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram de duas variedades de cana – de – açúcar (RB92579 e RB002754), quatro lâminas de irrigação (L1=12; L2=45; L3=100 e L4=125% de reposição da evapotranspiração da cultura – ETc (para o ciclo de cana planta) correspondendo a 124,06; 473,67; 1061,47 e 1324,06 mm respectivamente para L1, L2, L3 e L4 e (L1=10; L2=40; L3=100 e L4=125% da ETc, para cana soca), correspondendo a 99,4; 397,5; 993,9 e 1242,3

mm e quatro níveis de adubação nitrogenada (N1=0; N2=50; N3=100 e N4=200 kg ha⁻¹ de N) foram estabelecidos com base nas exigências nutricionais da cultura, sendo a fonte de nitrogênio utilizada, o nitrato de amônia (Tabela 5). O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com parcelas subdivididas (split-plot), com quatro repetições, em que a parcela principal foi a lâmina de irrigação (faixa) tendo como subparcelas os níveis de nitrogênio e as variedades.

Tabela 5. Tratamentos, fonte de nitrogênio e quantidade do nutriente aplicado em cada tratamento.

Cana Planta				
Fertilizante	Tratamento	Níveis (kg ha ⁻¹)	Elemento Químico	Quantidade do Nutriente (kg ha ⁻¹)
Nitrato de Amônio	N1	0	N	0
	N2	151,52	N	50
	N3	303,03	N	100
	N4	606,06	N	200
Cana Soca				
Fertilizante	Tratamento	Níveis (kg ha ⁻¹)	Elemento Químico	Quantidade do Nutriente (kg ha ⁻¹)
Nitrato de Amônio	N1	0	N	0
	N2	151,52	N	50
	N3	303,03	N	100
	N4	606,06	N	200

A variedade RB92579 é uma planta que tem como características relevantes altas brotação, perfilhamento, produtividade, teor de sacarose, médio teor de fibra, além de ser altamente responsiva a irrigação (SIMÕES NETO et al., 2009). Já a variedade RB002754 apresenta boa brotação, perfilhamento médio, porte alto, além de alta produtividade, sacarose, médio teor de fibra (OLIVEIRA et al., 2015).

As lâminas de irrigação foram dispostas em faixas, com cinco linhas de cultivo, possuindo largura total de 7 m e comprimento de 92 m, totalizando uma área de 644 m². A lâmina de irrigação reduziu à medida que a faixa se afastou do centro do experimento onde estava a linha dos aspersores. Adotou-se a segunda faixa de irrigação a partir do centro com faixa controle, correspondendo a 100% da ETc, assim as demais lâminas de irrigação variaram de acordo com o perfil de distribuição dos aspersores.

Os tratamentos com adubação nitrogenada foram distribuídos ao acaso, dentro das faixas de irrigação, em parcela subdividida. As parcelas foram formadas por cinco linhas de

plântio (largura da faixa de irrigação) com vinte metros de comprimento, totalizando uma área de 140,0 m².

As variedades RB92579, a RB002754, foram distribuídas ao acaso, dentro das faixas de irrigação e as subparcelas formadas por cinco linhas de plântio (largura da faixa de irrigação) com dez metros de comprimento, totalizando uma área de 70,0 m². Deste modo, o delineamento experimental utilizado foi montado em faixas (fator irrigação) com parcelas subdivididas (fator Nitrogênio) e distribuição ao acaso das variedades, totalizando uma área de 10.304,0 m² (Figura 2).

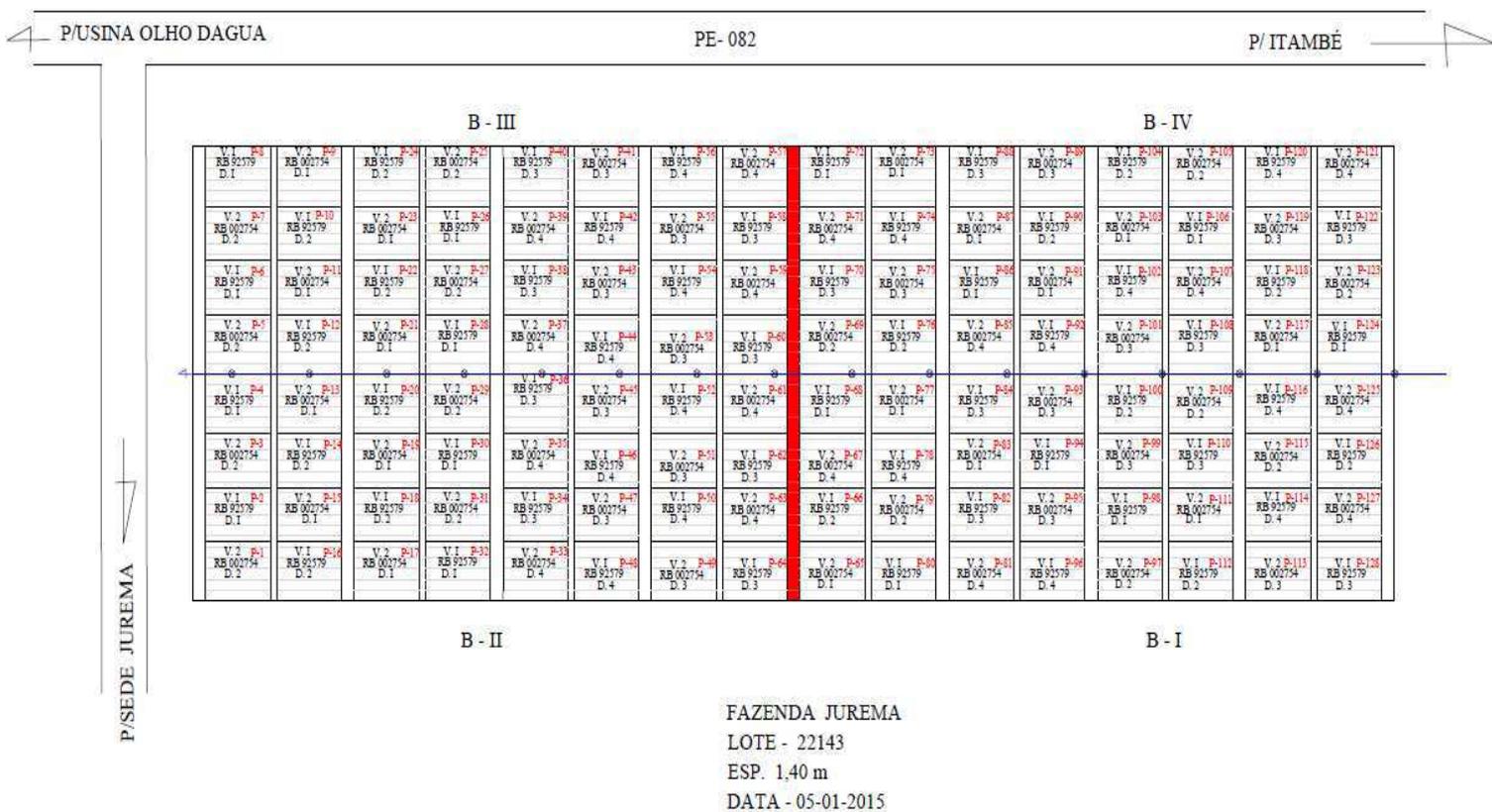


Figura 2. Croqui da área experimental.

4.5. Qualidade da água de irrigação

A água utilizada no experimento foi classificada como C1S1, conforme características analisadas (Tabela 6).

Tabela 6. Análise da qualidade da água utilizada no experimento.

Parâmetros	Valores
Condutividade Elétrica	0,209 dSm ⁻¹
pH	7,8
Amônia (NH ₃)	ND mgL ⁻¹
Nitrato(N)	ND mgL ⁻¹
Sólidos Totais Dissolvidos	131 mgL ⁻¹
Sólidos Totais em Suspensão	<1 mgL ⁻¹
Cálcio	0,29 mmol L ⁻¹
Magnésio	0,24 mmol L ⁻¹
Sódio	1,34 mmol L ⁻¹
Potássio	0,11 mmol L ⁻¹
Cloreto	0,97 mmol L ⁻¹
Sulfatos	0,12 mmol L ⁻¹
Carbonatos	0,0 mmol L ⁻¹
Bicarbonatos	0,90 mmol L ⁻¹
Dureza total (CaCO ₃)	26,2 mgL ⁻¹
Alcalinidade de carbonato (CaCO ₃)	0,0 mgL ⁻¹
Alcalinidade de bicarbonato (CaCO ₃)	45,0 mgL ⁻¹
Alcalinidade total (CaCO ₃)	45,0 mgL ⁻¹
Ferro Total	0,54 mgL ⁻¹
Fosforo em P	0,06 mgL ⁻¹
Mnagânês	0,02 mgL ⁻¹
RAS	2,62
CRS	0,38
Classe	C ₁ S ₁

Metodologia de análises: Standard Method for the Examination of water and wastewater, 21th ed. 2005.

ND= Nada detectado. Limite de detecção: Amônia em NH₃: 0,04 mgL⁻¹; Nitrato 0,05 mg L⁻¹. Conclusão: de boa qualidade para irrigação.

4.6. Sistema de Irrigação Utilizado

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo aspersão em linha (line source), em que a linha de irrigação é composta de aspersores estreitamente espaçados, que promovem um gradiente decrescente da lâmina irrigada ao longo do distanciamento perpendicular em relação à linha. Dessa forma, proporcionam uma variação mínima na quantidade de água aplicada ao longo da linha. A linha central do sistema foi composta por tubulação de alumínio ER 6" de diâmetro, com espaçamento de 12,0 m entre os aspersores. Os aspersores utilizados são do modelo 8025 HR 1 de 1 1/4" M da marca SENNINGER[®], o conjunto motobomba é formado por um motor WEG[®] acoplado a uma bomba KSB[®] com vazão de 150 m³h⁻¹.

4.7. Manejo da Irrigação

O manejo da irrigação foi baseado na evapotranspiração da cultura (ET_c) estimada pela evapotranspiração de referência (ET₀) e coeficiente da cultura (K_c). A determinação da evapotranspiração de referência (ET₀) foi feita diariamente utilizando-se para o cálculo, as

informações coletadas do tanque “classe A” da estação meteorológica Olho D’Água a cerca de 2,0 km da área do experimento, com um coeficiente de correção de tanque (K_p) de 0,65.

Para definição e cálculo da lâmina foi tomada como parcela controle, a segunda faixa de irrigação, a qual correspondeu a 100% da reposição da ET_c , as demais faixas receberam as variações de lâmina de acordo com o perfil de distribuição do aspersor. Foi empregado um turno de rega fixo de dez dias. Para definição da evapotranspiração da cultura (ET_c), a ET_0 foi multiplicada pelo coeficiente da cultura (K_c) segundo Doorembos & Kassam (1994) conforme tabela 7.

Tabela 7. Coeficiente da cultura (k_c) da cana – de – açúcar .

Cobertura Vegetal (%)	Duração do Período(dias)	Coeficiente da Cultura (K_c)
0 a 25	0-30	0,4
	30-45	0,5
	45-60	0,6
25 a 50	60-80	0,75
	80-100	0,85
50 a 75	100-125	0,95
75 a 100	125-180	1,10
Máxima demanda	180-270	1,20
	270-300	1,30
Maturação	300-330	1,00
	330-360	0,60

Antes do plantio foi efetuada uma irrigação para elevar à umidade do solo a capacidade de campo em todos os tratamentos. A partir disso, foi empregado o sistema de irrigação por aspersão em linha para obtenção dos tratamentos propostos. Para monitoramento dos níveis de irrigação aplicados em cada faixa, foram instalados pluviômetros em cada parcela experimental, totalizando 64 pluviômetros em todo o experimento.

4.8. Avaliação do sistema de irrigação

Para determinação da eficiência e potencial de irrigação e do cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Christianssen (CUC) do sistema de irrigação empregado, um teste de precipitação foi realizado antes da instalação do experimento, através do qual foi determinado o perfil de distribuição do aspersor conforme metodologia de Christiansen (1942).

A uniformidade de distribuição foi fundamental para avaliar a eficiência na distribuição de água ao longo da linha de aspersores, o que possibilitou a melhor localização das parcelas experimentais. O coeficiente de uniformidade de Christiansen determinado foi de 82,4%.

4.9. Variáveis Analisadas

4.9.1. Análise biométrica das plantas

Foram analisadas 10 plantas da subparcela útil nas linhas centrais a partir dos 60 dias após o plantio (DAP) até os 360 DAP da cana planta e dos 60 dias após o corte até os 360 dias após o corte (DAC). A partir dos 60 DAP e DAC foi avaliado mensalmente altura de plantas (m) mesurada com auxílio de uma fita métrica a partir do solo (ponto de inserção do solo com o colmo até o colarinho da folha (+1) (Oliveira et al., 2011).

Determinou-se o diâmetro do colmo (mm), com auxílio de paquímetro digital, as medições foram na base, terço médio e terço superior do colmo, para o cálculo final calculou-se a média do diâmetro do colmo.

O número de perfilho foi determinado a partir da contagem de todas as plantas que continham menos de seis folhas completamente expandidas em cada subparcela, sendo posteriormente, calculada a quantidade média de plantas por metro.

4.9.2. Produtividade e qualidade tecnológica

O rendimento agrícola industrial (TCH) foi determinado ao final de cada ciclo de cultivo, os colmos das três linhas centrais de cada uma das subparcela experimentais foram colhidos e pesados com o auxílio de um dinamômetro com capacidade para 1.000 kg, na sequencia calculado e expresso em tonelada de colmo por hectare ($t\ ha^{-1}$ de colmos).

Para determinação do rendimento industrial foram coletados aleatoriamente dez colmos em cada subparcela as quais foram, em seguida, submetidas à análise tecnológica no laboratório da Usina Central Olho D'Água S/A, em que foram determinados os parâmetros:, POL do caldo extraído (POL), fibra industrial da cana (FIBRA %), pureza do caldo extraído (PZA), POL da cana corrigida (POLc) e teor de açúcar total recuperável (ATR $kg\ t^{-1}$). A partir do produto do ATR pelo rendimento agrícola, calculou-se a produtividade ou rendimento do açúcar em toneladas prováveis (TPH $t\ ha^{-1}$).

A porcentagem em massa de sacarose (%Pol) do caldo extraído contida na solução açucarada de peso normal foi avaliada com um sacarímetro automático ACATEC, modelo DAS 2500, determinando-se a concentração de açúcares opticamente ativos, com base na equação conhecida como lei de Biot (CALDAS, 1998), equação 01.

$$C = \frac{100 * \alpha}{1 * \alpha^T * \lambda} \quad (\text{eq.01})$$

em que: C - Concentração de açúcares α ; - Ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada; l - Comprimento da coluna iluminada de líquido; $\alpha^T \cdot \lambda$ - Rotação específica.

Após a leitura realizada pelo aparelho, é feita a correção para temperatura ambiente interna, em torno de 20 °C, pela equação de ajuste 02.

$$L_{\text{corrigida}} = L * [1 + 0,000255 * (T - 20)] \quad (\text{eq.02})$$

em que: L – Leitura sem correção; T - Temperatura do laboratório; Lcorrigida - Pol do caldo extraído (%).

O cálculo da fibra industrial (FIBRA) da cana – de – açúcar se baseia na correlação entre resíduo fibroso e a fibra industrial da cana, determinada segundo a seguinte equação 03 (CRSPCTS/PB, 1997).

$$FIBRA(\%) = \frac{(100 * PBS) * (PBU * b)}{5 * (100 - b)} \quad (\text{eq.03})$$

em que: PBS - Peso do bolo seco em estufa à 105 °C; PBU - Peso do bolo úmido: resíduo fibroso, resultante da prensagem a 250 kgf cm⁻² por 1 min, de 500 g de amostra de cana desfibrada e homogeneizada, em grama (CONSECANA, 2006); b - °Brix do caldo extraído.

Obteve-se a pureza (PZA) a partir da percentagem de sólidos solúveis totais no caldo extraído, após a determinação dos valores de Pol e °Brix (CRSPCTS/PB, 1997), conforme equação 04.

$$PZA = \frac{\text{Pol\%caldo}}{\text{°Brixcaldo}} * 100 \quad (\text{eq.04})$$

POL da cana corrigida (POL_c) foi determinado conforme equação 05.

$$POL_c = L_{\text{corrigida}} * (1 - 0,01 * FIBRA) * c \quad (\text{eq.05})$$

em que: Lcorrigida - Pol do caldo extraído, % FIBRA = Fibra industrial da cana, %
c = 0,955, fator de transformação da Pol do caldo extraído em Pol do caldo absoluto.

Os açúcares totais recuperáveis (ATR kg t⁻¹) foram determinados com base na equação 06.

$$ATR = (10 * S - 0,76 * F - 6,9) * \left(\frac{5}{3} - \frac{200}{3} * P \right) \quad (\text{eq.06})$$

em que: ATR = açúcar teórico recuperável em kg t⁻¹ de colmos de cana – de – açúcar ; S (sacarose) = pol (%); F = fibra (%) e P = pureza (%).

4.9.3. Exportação e exigências de nutrientes

Aos 330 dias após o plantio (DAP) para o ciclo cana planta, e 330 dias após o corte (DAC) cana soca, foi amostrada aleatoriamente a parte aérea de dez plantas na área útil de cada parcela experimental. As amostras foram separadas nos componentes ponteiro, folha e colmo, sendo o ponteiro constituído do cartucho e da folha +1 (primeiro colarinho visível); para a componente folha (folha + bainha), consideraram-se as folhas secas e verdes a partir da folha +1; e, após a retirada do ponteiro e das folhas, o restante foi considerado colmo.

Os ponteiros, folhas e colmos, após separados, foram pesados, determinando-se a massa de matéria fresca total. As amostras de material vegetal fresco foram trituradas em forrageira industrial e, em seguida, coletaram-se subamostras úmidas. No laboratório, as subamostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante e novamente pesadas para determinação da umidade do material.

Após obtenção da massa seca, as subamostras foram passadas em moinho tipo Wiley, para em seguida se determinar a concentração de N, que foi obtida por digestão sulfúrica e determinada por titulação. As concentrações de P, K, Ca e Mg foram obtidas por digestão nitroperclórica, determinando-se P por colorimetria, K por fotometria de chama e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 1997).

A extração dos nutrientes pela parte aérea das variedades foi calculada somando-se o produto da massa de matéria seca pela concentração do nutriente contido em cada componente (ponteiros, folhas e colmo). Os nutrientes alocados no colmo foram considerados como o total de nutriente exportado. A exigência nutricional foi estimada dividindo-se a extração total de nutrientes na parte aérea pela produção de colmos de cada variedade.

4.9.4. Produtividade da água (PA) e do Nitrogênio (PNc)

A produtividade da água foi definida pela relação entre a produtividade de colmos (rendimento agrícola), açúcares totais recuperáveis (ATR) e o volume total de água disponibilizado na produção (irrigação + água aproveitável das chuvas) conforme as equações 07 e 08.

$$PA_{colmos} = \frac{\text{Produtividade}(kg \text{ colmo } ha^{-1})}{\text{Volume total de água}(m^3 ha^{-1})} \quad (\text{eq.07})$$

$$PA_{ATR} = \frac{\text{Produtividade}(\text{kg ATR ha}^{-1})}{\text{Volume total de água}(\text{m}^3\text{ha}^{-1})} \quad (\text{eq.08})$$

A produtividade do nitrogênio (PN) representa a relação entre a quantidade de nutriente acumulado na planta e a unidade de nutriente aplicado, conforme equação 09.

$$PN_{colmo} = \frac{AcN}{NApl} \quad (\text{eq.09})$$

em que: PNcolmo = produtividade do nitrogênio (kg kg^{-1}); AcN = acúmulo de nutriente na dose do nutriente estudado (kg); NApl = quantidade de nutriente aplicado (kg).

4.10. Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância simples, utilizando-se o teste F ao nível de 5% de significância. Os fatores isolados (qualitativos) foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de significância e os quantitativos a análise de regressão polinomial. Quando a interação entre os fatores estudados foi significativa pelo teste F, realizou-se análise de regressão para os fatores quantitativos. Como critérios para escolha dos modelos de regressão foram escolhidos, os que apresentaram significância dos parâmetros até 10% de probabilidade pelo teste F e maior coeficiente de determinação ajustado, para as análises utilizou-se os programas estatísticos do programa R (R Core Team, 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variáveis biométricas

O resumo da análise de variância para altura de plantas (AP) da cana planta encontra-se na Tabela 8. A partir dos resultados nota-se que o fator isolado lâmina de irrigação influenciou significativamente ao nível de ($p < 0,001$) a partir dos 150 dias até os 330 dias após a semeadura no ciclo cana planta. Já o fator variedades foi expressivo ao nível de ($p < 0,001$ e $p < 0,05$) aos 120, 150 e 180 dias respectivamente. Não se verificou efeito significativo do nitrogênio tão pouco das interações para altura de planta (Tabela 8). É possível observar que a cana planta atingiu uma altura média de 3,0 m ao final do ciclo de cultivo.

Farias et al. (2008) ao estudarem os índices de crescimento da cana – de – açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba observaram que para a cana – de – açúcar cultivada em sistema irrigado, o ponto de máximo crescimento em altura de plantas foi atingido aos 193,85 dias com altura máxima de 1,53 m. Resultado bem inferior ao obtido neste estudo.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para altura da planta (AP) da cana planta ao longo do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio							
		AP (m) 120 dias	AP (m) 150 dias	AP (m) 180 dias	AP (m) 210 dias	AP (m) 240 dias	AP (m) 270 dias	AP (m) 300 dias	AP (m) 330 dias
Bloco	3	0,37	0,25	0,69	0,31	0,50	0,96	0,52	0,45
Lâmina (L)	3	0,03 ^{ns}	1,35 ^{***}	1,61 ^{***}	2,61 ^{***}	1,82 ^{***}	2,11 ^{***}	2,63 ^{***}	4,01 ^{***}
Erro 1	9	0,01	0,06	0,06	0,04	0,03	0,04	0,09	0,07
Variedade (V)	1	0,47 ^{***}	0,25 [*]	0,32 [*]	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}
V*L	3	0,04 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Erro 2	12	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,14	0,07
Níveis de Nitrogênio (N)	3	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}
N*L	9	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}
N*V	3	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}
N*L*V	9	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Erro 3	72	0,02	0,04	0,08	0,03	0,03	0,04	0,08	0,13
Média Geral	-	0,68	1,0	1,56	2,11	2,5	2,7	2,9	3,0
CV 1(%)	-	19,9	24,5	15,9	10,2	6,9	7,5	10,2	9,0
CV 2(%)	-	21,4	18,7	12,4	8,0	8,2	6,5	12,8	8,9
CV 3(%)	-	21,7	19,5	19,0	9,4	7,8	8,0	9,9	12,1

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

O modelo matemático que se ajustou a altura de plantas (AP) da cana planta nas épocas estudadas em função da lâmina de irrigação foi o linear (Figura 3). Percebe-se que à medida que se elevou a lâmina de irrigação houve um incremento positivo na altura de planta, sendo o ponto de máxima obtido na lâmina de 1324,06 mm, correspondendo a 1,27; 1,79; 2,38; 2,74; 3,10; 3,25 e 3,38 m, respectivamente, para 150, 180, 210, 240, 270, 300 e 330 dias após o plantio (Figura 3).

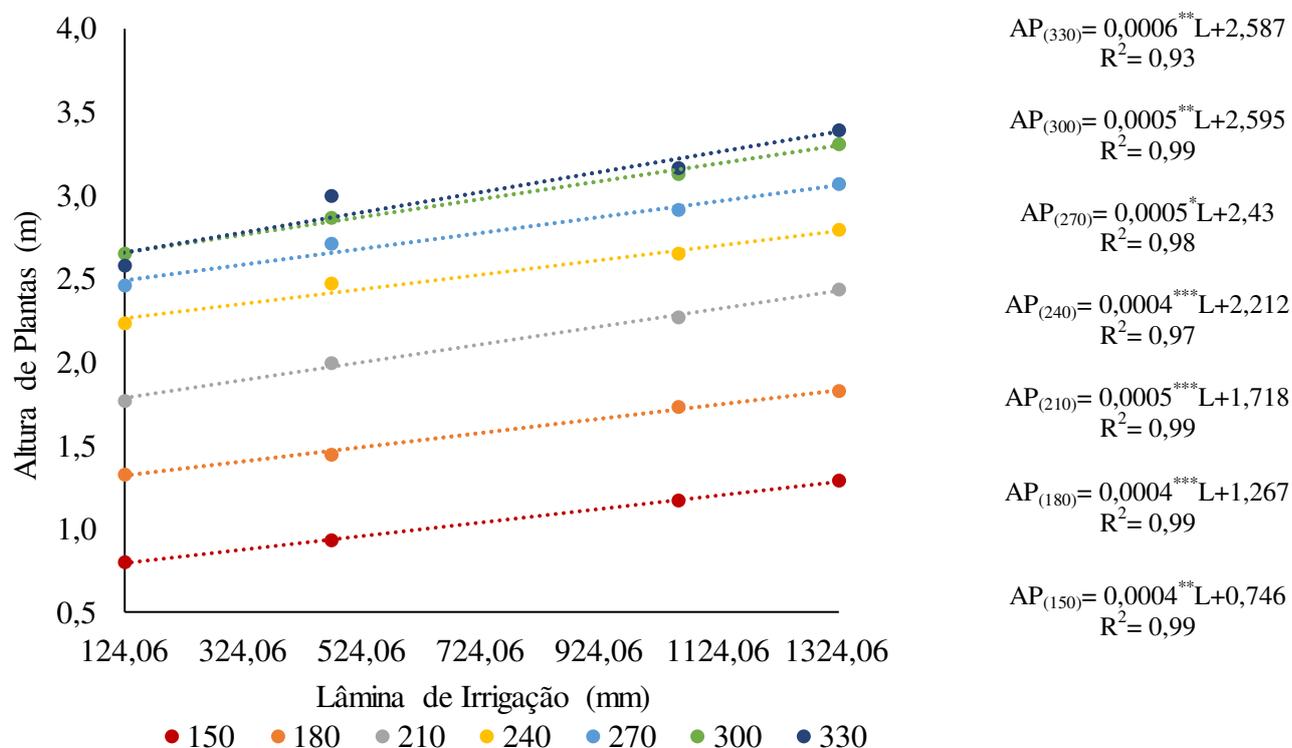


Figura 3. Altura de plantas da cana planta em função da lâmina de irrigação em cada época analisada.

A diferença entre a menor e a maior lâmina de irrigação foram respectivamente 0,48; 0,48; 0,66; 0,48; 0,60; 0,60 e 0,72 m para os 150, 180, 210, 240, 270, 300 e 330 dias após o plantio. Os coeficientes de determinação para AP variaram de 93 a 99%, indicando que apenas 7 e 1% das variações não são explicadas pela variação na lâmina de irrigação aplicada no ciclo cana planta (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2017) ao pesquisarem a reposição hídrica e adubação nitrogenada na cana – de – açúcar via gotejamento subsuperficial: cana planta e soca. Corroborando com os dados de Ferreira Junior et al. (2014) que observaram em seu estudo altura média de dossel, em cultivo de cana irrigada de 3,5 m aos 240 dias após o plantio. Tal fato reforça a teoria de Oliveira et al.

(2014), que afirmam que a altura de plantas de cana – de – açúcar é contínuo até a ocorrência de alguma limitação, seja no suprimento hídrico, oscilações climáticas ou mesmo as características de florescimento da própria variedade utilizada. O que justifica a escolha da variedade a ser utilizada de acordo com as características climáticas da região de cultivo e a genética da planta.

A altura das plantas em função das variedades estudadas ao longo do ciclo de cultivo da cana planta, encontra-se na Figura 4. Visualiza-se diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível e 5% de probabilidade para os 120, 150 e 180 DAP. A variedade RB002754 foi superior a RB92579 em todas as épocas, sendo que aos 180 dias a chegou 1,6 m de AP. Sendo esta fase caracterizada como a segunda fase de crescimento da cultura que vai dos 60 aos 240 dias após o plantio, onde se verifica as maiores taxas de crescimento da cultura (OLIVEIRA et al., 2010).

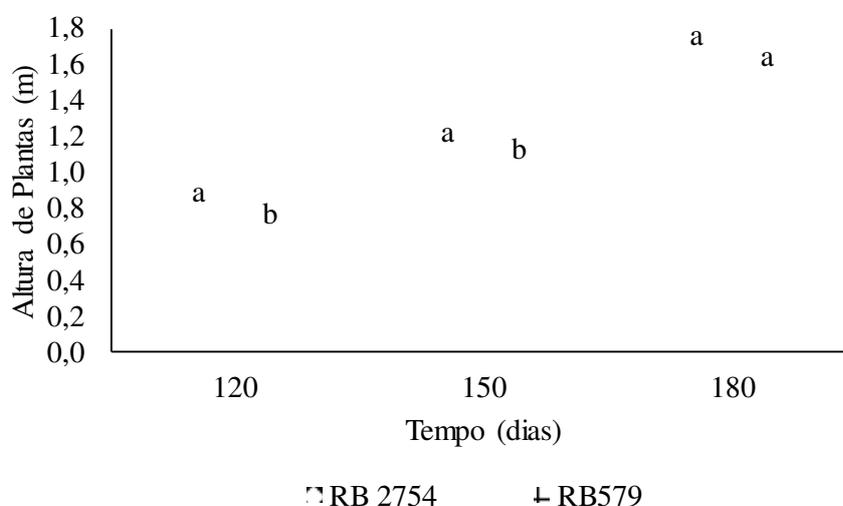


Figura 4. Altura de plantas em função das variedades ao longo dos dias no ciclo cana planta.

Tais diferenças em altura observadas nas variedades estudadas, provavelmente, se devem às características inerentes às cultivares, que podem apresentar alta taxa de crescimento relativo e alta taxa de assimilação líquida, o que lhes permitem alcançar maiores alturas (SILVA et al., 2014). A variedade RB92579 é considerada de maturação média tardia, por isso possui o crescimento mais lento nesta fase inicial do crescimento (OLIVEIRA et al., 2010). Oliveira et al. (2014) não verificaram efeito das variedades no crescimento de plantas de cana – de – açúcar, discordando dos dados obtidos no presente estudo. Contudo, vale ressaltar que as variedades utilizadas por eles foram as RB855453 e SP801816 que possuem

características distintas das estudadas neste trabalho, porém chegaram a uma altura média semelhante à obtida no presente estudo.

O resumo da análise de variância para altura de plantas (AP) da cana soca encontra-se na Tabela 9. Verifica-se efeito significativo da lâmina de irrigação na altura de plantas aos 120, 180 e 330 dias ao nível de 0,1% de probabilidade, 1% aos 150 dias e a 5% aos 210, 270 e 300 dias, respectivamente pelo teste F. Nota-se que o fator isolado lâmina de irrigação influenciou significativamente ao nível de ($p < 0,001$) a partir dos 150 dias até os 330 dias após o corte (DAC). Já o fator variedades foi relevante ao nível de ($p < 0,001$ e $p < 0,05$) aos 120, 150 e 180 dias, respectivamente. O fator variedade influenciou a 0,1% aos 120 e 270 dias após a semeadura, a 1% aos 240 e 330 dias e a 5% aos 210 e 300 DAC (Tabela 9).

Houve efeito para a interação variedade (V) versus lâmina de irrigação (L) a 1% de probabilidade pelo teste F aos 270 dias após o corte da cana soca para altura de plantas. O fator níveis de nitrogênio foi significativo a 5% aos 240 DAC. Sendo que a altura média de plantas na cana soca foi de 3,2 metros, valor este superior ao obtido para cana planta (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para altura da planta (AP) da cana soca ao longo do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio							
		AP (m) 120 dias	AP (m) 150 dias	AP (m) 180 dias	AP (m) 210 dias	AP (m) 240 dias	AP (m) 270 dias	AP (m) 300 dias	AP (m) 330 dias
Bloco	3	0,33	0,28	0,13	0,46	0,34	0,69	0,17	0,12
Lâmina (L)	3	3,01 ^{***}	1,05 ^{**}	0,64 ^{***}	0,38 [*]	0,38 ^{ns}	0,36 [*]	0,40 [*]	0,88 ^{***}
Erro 1	9	0,05	0,08	0,03	0,07	0,15	0,05	0,05	0,03
Variedade (V)	1	0,86 ^{***}	0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,14 [*]	0,36 ^{**}	0,56 ^{***}	0,47 [*]	0,39 ^{**}
V*L	3	0,06 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,16 ^{**}	0,10 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Erro 2	12	0,02	0,04	0,05	0,02	0,02	0,01	0,05	0,03
Níveis de Nitrogênio (N)	3	0,04 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,24 [*]	0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}
N*L	9	0,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}
N*V	3	0,08 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}
N*L*V	9	0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Erro 3	72	0,08	0,09	0,10	0,05	0,08	0,11	0,08	0,05
Média Geral	-	1,6	2,1	2,6	2,6	2,9	3,1	3,1	3,2
CV 1(%)	-	13,5	13,7	6,7	10,0	13,4	7,6	7,6	5,7
CV 2(%)	-	8,8	10,1	8,9	5,9	5,9	4,4	7,3	5,8
CV 3(%)	-	18	13,9	12,4	9,1	9,9	10,8	9,2	7,6

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

A altura de plantas quando analisada isoladamente no ciclo cana soca em função da lâmina de irrigação, adequaram-se a relações lineares com R² de 96, 95, 90, 99, 96, 96, e 85%,

respectivamente para os 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300 e 330 dias após o corte (Figura 5). Vê-se ainda, que a cada 100% da lâmina de irrigação, houve um incremento que variou de 2,0 a 6,0 cm, que correspondem respectivamente 0,99 e 4,5%. O ponto de máxima foi atingido aos 330 dias com altura máxima de 3,38m, na lâmina de 1242,3 mm, valor semelhante ao obtido para o ciclo cana planta, mesmo com lâmina de irrigação inferior (Figura 5).

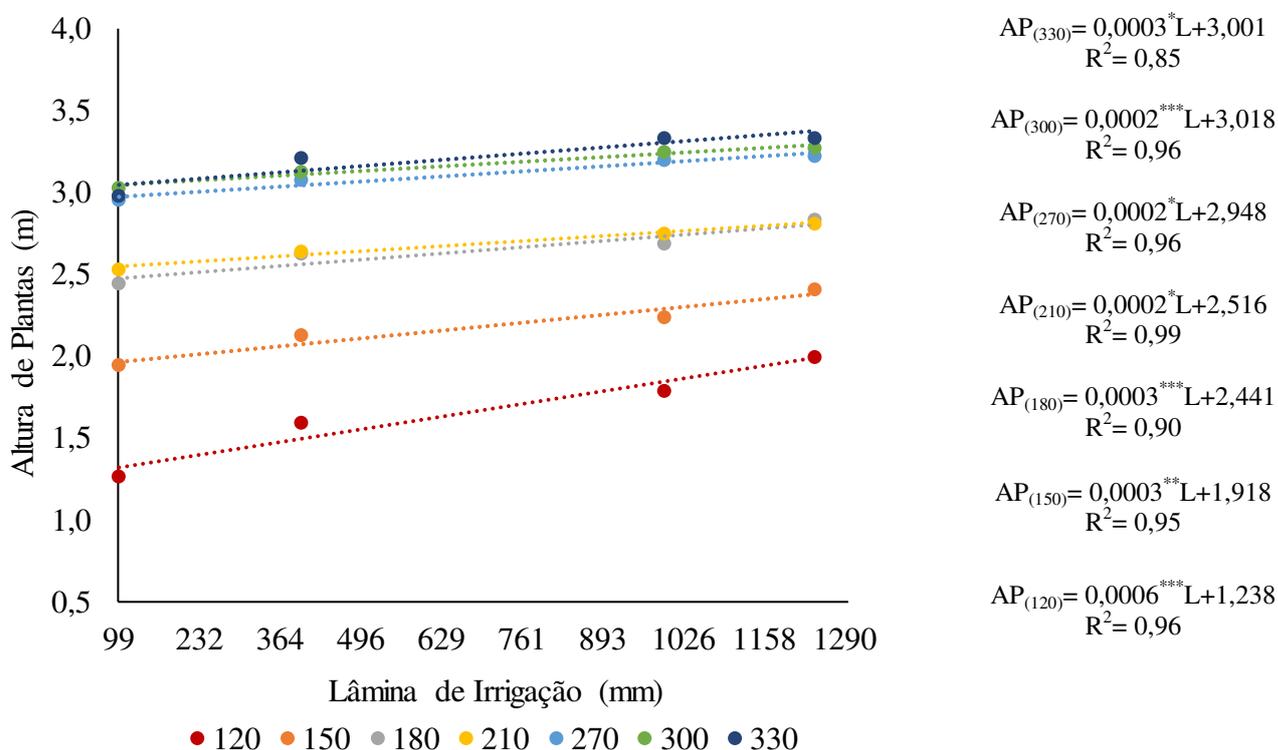


Figura 5. Altura de plantas da cana soca em função da lâmina de irrigação em cada época analisada.

Confrontando-se esses dados com os presentes na (Figura 1), verifica-se que na cana-soca houve maior precipitação 785mm ciclo cana soca (2016) do que no ciclo cana planta (2016) com precipitação de 770mm. Esse aumento em lâmina oriundo da precipitação promoveu melhor desenvolvimento da cultura, resultando em alturas médias de plantas superiores a 3,3 m. Resultados estes que condizem com os observados por Abreu et al. (2013) ao analisarem o crescimento e produtividade de cana – de – açúcar em função da disponibilidade hídrica dos tabuleiros costeiros de alagoas.

Oliveira et al. (2010) afirmam que variáveis morfológicas como a altura de plantas são importantes para a identificação da capacidade produtiva da cultura, além de verificar a eficiência do manejo de irrigação adotado sobre as variedades cultivadas. Resultados condizentes com os obtidos neste estudo foram obtidos por Farias et al. (2008) que alcançaram ponto de máxima para altura de plantas próximo aos 300 dias após o plantio em sistema irrigado. Já Freitas et al. (2012) observaram altura média de plantas irrigadas por

gotejamento subsuperficial de 3,90 m, resultado superior ao observado no presente estudo, fato que está relacionado a qualidade da água de irrigação utilizada no trabalho, assim como as variedades estudadas.

Ao estudar a altura de plantas em função das variedades ao longo do ciclo de cultivo para cana soca, observa-se que a variedade RB002754 evidenciou maior altura de plantas quando comparada a RB92579 em todas as épocas (Figura 6).

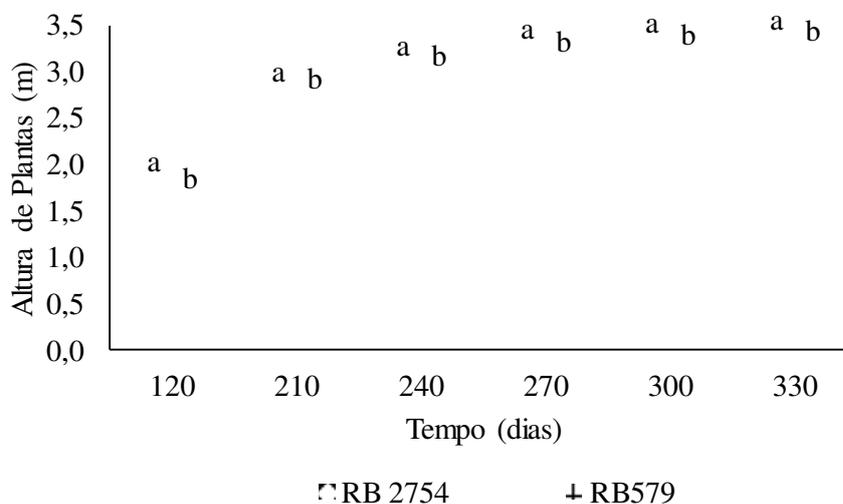


Figura 6. Altura de plantas em função das variedades ao longo dos dias no ciclo cana soca.

Aos 330 DAC a variedade RB002754 obteve média de 3,26 m e a RB92579 de 3,15 m (Figura 6). Observa-se que tanto em cana planta como em cana soca a variedade que se destacou em altura de plantas foi a RB002754 apresentando maior crescimento final dos colmos. Quando comparados os valores da cana planta com a cana soca, foi possível notar que a cana soca obteve valores médios superiores.

Morais et al. (2017) e Hanauer (2011) ao avaliarem diferentes variedades de cana – de – açúcar em Santa Maria e Jaguari, RS também encontraram valores de altura de planta superiores em cana-soca, corroborando os resultados encontrados neste estudo.

Oliveira et al. (2010), em sua pesquisa com diferentes variedades de cana – de – açúcar na região de Carpina, PE, registraram que a RB92579, apesar de não apresentar altura de plantas superiores aos das demais variedades, foi a mais produtiva, evidenciando que outras características morfológicas, como o perfilhamento e o índice de área foliar, podem ser mais decisivas na produção final da produção.

O desdobramento da interação de cada variedade dentro de cada lâmina de irrigação estudadas, para a variável altura de plantas de cana – de – açúcar no ciclo cana soca aos 270

dias após o corte encontra-se na (Figura 7A). Nota-se que para a variedade RB92579 à medida que se aumentou a lâmina de irrigação houve incremento positivo em altura de planta, sendo que o máximo em altura foi obtido na lâmina de 1242,3 mm, correspondendo a 3,19 m. Oliveira et al. (2014) não verificaram efeito da interação variedade versus níveis de reposição hídrica para a altura de plantas, porém estes autores observaram média de altura de plantas de 3,08m ao final do ciclo de cultivo, média que condiz com a obtida neste trabalho.

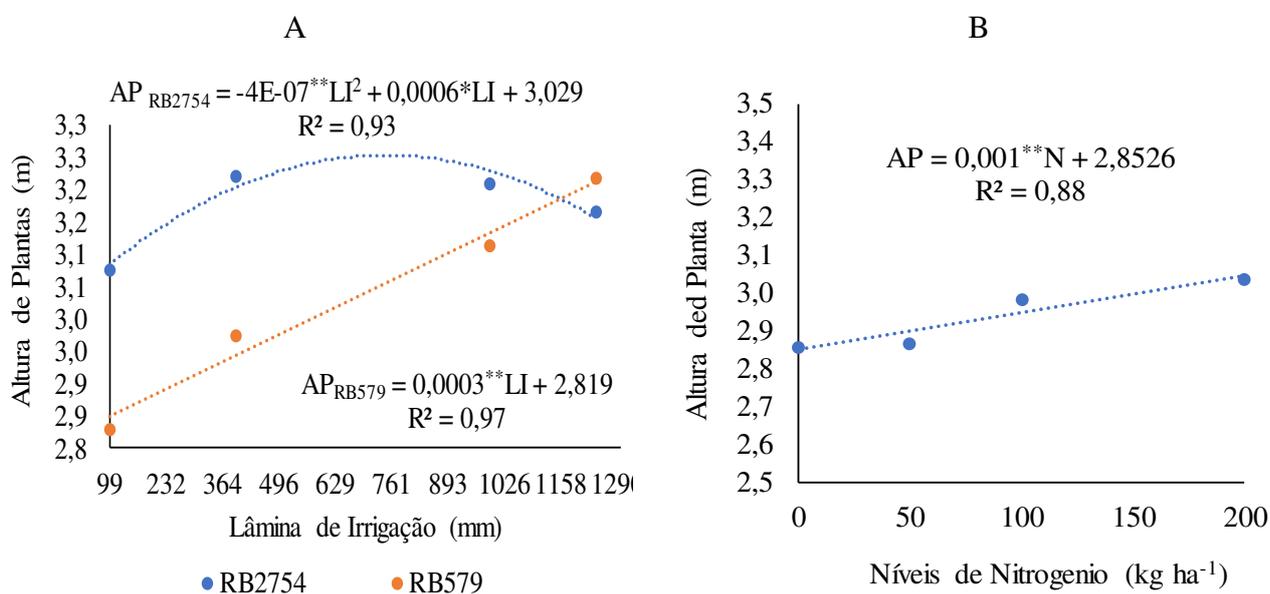


Figura 7. Desdobramento da altura de plantas de cada variedade nas lâminas de irrigação aos 270 dias após o corte (A) e dos níveis de nitrogênio aplicado no solo aos 240 dias após o corte (B) no ciclo cana soca.

O modelo matemático que melhor se ajustou a variedade RB002754 dentro de cada lâmina de irrigação aos 270 DAC, para a altura de plantas foi o quadrático (Figura 7A). Extraindo-se a primeira derivada do modelo para a variedade RB002754 é possível perceber que o ponto de máxima foi atingido na lâmina de 750 mm, lâmina de irrigação em que a altura das plantas foi de 3,25m. Verifica-se ainda que a variedade RB002754 se destacou com máximo rendimento, superior a RB92579 e com uma lâmina de irrigação 60% inferior, o que evidencia a maior eficiência da utilização da água pela RB002754 (Figura 7A).

Variedades mais eficientes na utilização da água, são consideradas mais responsivas à irrigação, sendo esta uma prática relevante para manter o processo produtivo (CAMPOS et al., 2014). Quanto menor a quantidade do insumo água utilizada e maior for a resposta da cultura, melhores serão aos ganhos do produtor, visto que está usando os insumos de forma racional e propiciará maior lucratividade econômica.

Vieira et al. (2014) afirmam que, o que diferencia uma variedade de cana – de – açúcar da outra é o padrão de crescimento e suas respostas ao fornecimento hídrico o que está intrinsecamente relacionado com suas características genéticas.

Observa-se que os coeficientes da equação (Figura 7B) foram estatisticamente significantes. Para a altura de plantas em função dos níveis de nitrogênio aplicados no solo aos 240 dias após o corte, o máximo em altura foi atingido no nível de 200 kg N ha^{-1} , ponto que se maximizou a altura de plantas 3,05m (Figura 7B).

Resultados divergentes foram encontrados por Bastos et al. (2017) e Silva et al. (2014), no qual afirmam que os diferentes níveis de nitrogênio aplicados ao solo não influenciam de forma significativa a altura de plantas de cana – de – açúcar. No entanto, este fato pode estar relacionado ao teor deste nutriente no solo, assim como na quantidade aplicada, se está sendo suficiente para suprir a demanda nutricional da cultura.

Coan et al. (2011) relatam que o efeito do nitrogênio sobre as plantas se deve ao fato deste ser o nutriente mais requerido, contudo a capacidade de resposta das culturas a adubação nitrogenada está atrelada aos níveis de outros nutrientes minerais presentes no solo (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, etc.), bem como das características genéticas da cultura utilizada.

A análise de variância (Tabela 10) permitiu identificar que, dentre os resultados do teste F para o diâmetro do colmo, que houve diferença significativa para o fator lâmina de irrigação aos 150, 180 e 210 dias após a semeadura para cana planta, respectivamente ao nível de 5 e 1% de probabilidade. O fator variedade foi significativo em todas as épocas avaliadas ao nível de 1 e 0,1%. Contrários a estes dados, foram os obtidos por Campos et al. (2014) ao estudarem diferentes variedades de cana – de – açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano, que não constatarem nenhum efeito das lâminas de irrigação sobre o diâmetro de colmo.

A interação variedade versus lâmina de irrigação para a variável diâmetro do colmo foi significativo pelo teste F ao 1 e 5% aos 210, 270 e 300 dias após a semeadura. Observa-se ainda efeito dos níveis de nitrogênio aos 240 e 270 dias após a semeadura ao nível de 1 e 5% respectivamente (Tabela 10). Não houve diferença expressiva significativa para as interações nitrogênio versus lâmina de irrigação, nitrogênio versus variedade e nitrogênio versus lâmina e variedade no ciclo cana planta.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para o diâmetro do colmo da cana planta ao longo do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio							
		D (mm) 120 dias	D (mm) 150 dias	D (mm) 180 dias	D (mm) 210 dias	D (mm) 240 dias	D (mm) 270 dias	D (mm) 300 dias	D (mm) 330 dias
Bloco	3	11,6	3,6	27,2	195,5	610,1	269,3	2,6	2,4
Lâmina (L)	3	1,2 ^{ns}	22,7*	32,2**	22,2 ^{ns}	10,5**	7,4 ^{ns}	7,9 ^{ns}	12,5 ^{ns}
Erro 1	9	8,8	5,0	4,3	14,0	1,0	5,0	3,8	3,8
Variedade (V)	1	101,1**	257,9***	679,8***	941,7***	1023,7***	974,0***	745,4***	558,6***
V*L	3	23,4 ^{ns}	11,6 ^{ns}	19,0 ^{ns}	39,5**	4,1 ^{ns}	16,1*	14,8*	6,8 ^{ns}
Erro 2	12	9,5	6,8	9,5	5,8	5,4	3,7	3,3	9,6
Níveis de Nitrogênio (N)	3	9,9 ^{ns}	2,6 ^{ns}	16,9 ^{ns}	17,8 ^{ns}	22,1**	14,0*	4,7 ^{ns}	7,1 ^{ns}
N*L	9	5,5 ^{ns}	2,4 ^{ns}	11,8 ^{ns}	7,9 ^{ns}	4,2 ^{ns}	5,1 ^{ns}	5,4 ^{ns}	4,2 ^{ns}
N*V	3	2,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	10,6 ^{ns}	3,0 ^{ns}	3,0 ^{ns}	7,7 ^{ns}	3,2 ^{ns}	3,3 ^{ns}
N*L*V	9	5,8 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,8 ^{ns}	1,6 ^{ns}	3,4 ^{ns}	2,5 ^{ns}	4,1 ^{ns}	5,7 ^{ns}
Erro 3	72	4,9	5,3	7,4	9,3	4,6	4,9	3,6	6,7
Média Geral	-	25,7	25,55	31,5	33,8	34,1	33,0	29,7	30,0
CV 1(%)	-	11,6	8,8	6,6	11,1	3,1	6,8	6,6	6,6
CV 2(%)	-	12	10,2	9,8	71	6,8	5,9	6,2	10,4
CV 3(%)	-	8,6	9,1	8,6	9,0	6,3	6,7	6,4	8,6

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

O diâmetro do colmo da cana – de – açúcar em função da lâmina de irrigação foi significativo para os 150, 180 e 240 DAP no ciclo cana planta (Figura 8). A medida que se elevou a lâmina de irrigação verificou-se aumento no diâmetro dos colmos, sendo que o máximo rendimento foi obtido na lâmina de 1324,06 mm, correspondendo a 25,77; 32,93 e 34,41mm, respectivamente para os 150; 180 e 240 dias após o plantio (Figura 8). Resultado diferente do percebido por Oliveira et al (2011), que estudando duas variedades de cana – de – açúcar influenciadas por diferentes épocas de supressão e níveis de adubação, observaram que o diâmetro do colmo é pouco influenciado pela lâmina de irrigação, sendo dependente das características varietais.

Já Oliveira et al. (2016) identificaram efeito significativo da lâmina de irrigação sobre o diâmetro de colmo da cana – de – açúcar aos 360 DAP, sendo que na lâmina correspondente a 75% da ETc obteve média de 31,33mm. Os resultados evidenciados na Figura 8 corroboram com estes.

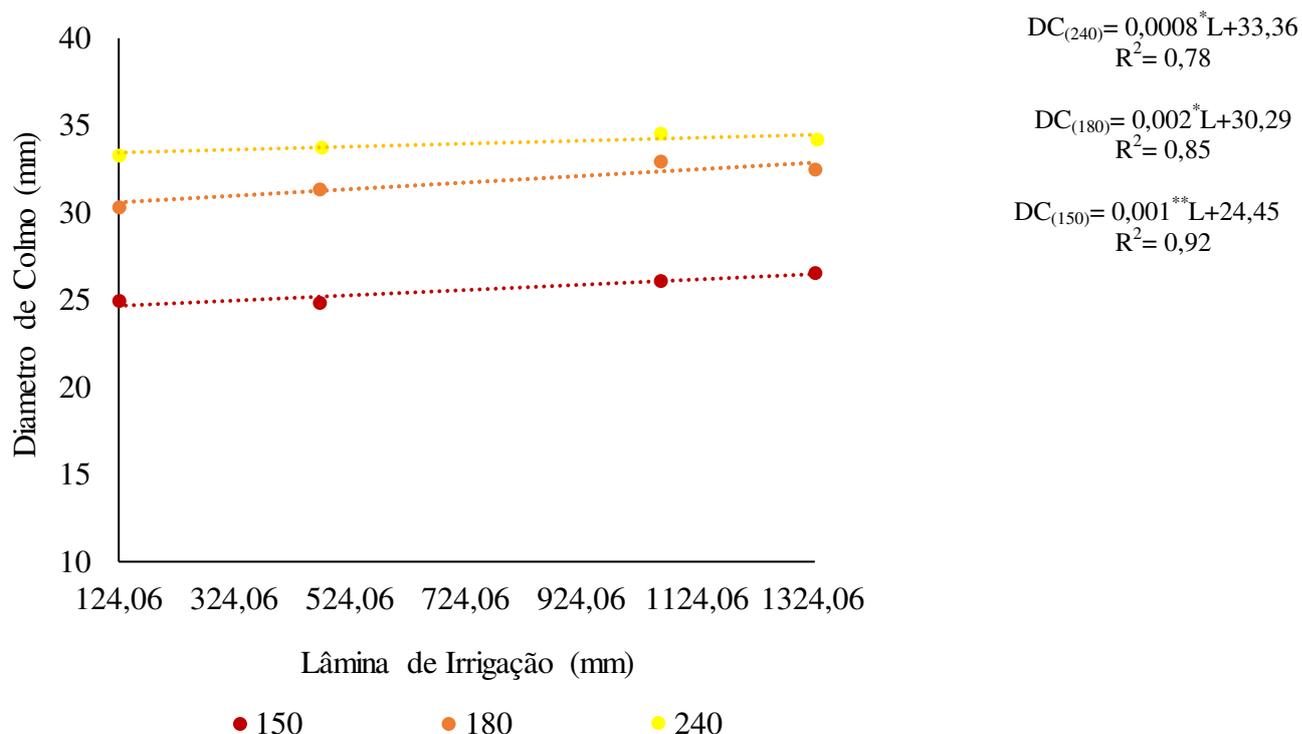


Figura 8. Diâmetro do colmo da cana planta em função da lâmina de irrigação em cada época analisada.

Os valores dos fatores de forma são iguais a 0,001; 0,002 e 0,0008, os ajustes tiveram coeficientes de determinação (R^2) de 0,92; 0,85 e 0,78, indicativo de que as lâminas de irrigação permitem explicar a maior parte da variabilidade no diâmetro do colmo do ciclo cana planta (Figura 8).

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2014), ao avaliarem o crescimento da cana – de – açúcar sob aplicação de nitrogênio via gotejamento subsuperficial, onde constataram também melhor desempenho em diâmetro de colmo, nas maiores lâminas de irrigação. Para Bennet et al. (2011) o diâmetro de colmos é dependente de características ligadas ao genótipo, à adubação, ao ciclo de maturação, ao suprimento hídrico além de possuir relação direta com a produtividade.

O diâmetro de colmos em função das variedades estudadas diferiu significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Figura 9A). Vê-se que a variedade RB002754 foi superior a RB92579 em praticamente todas as épocas avaliadas, exceto aos 330 dias após o plantio (Figura 9A).

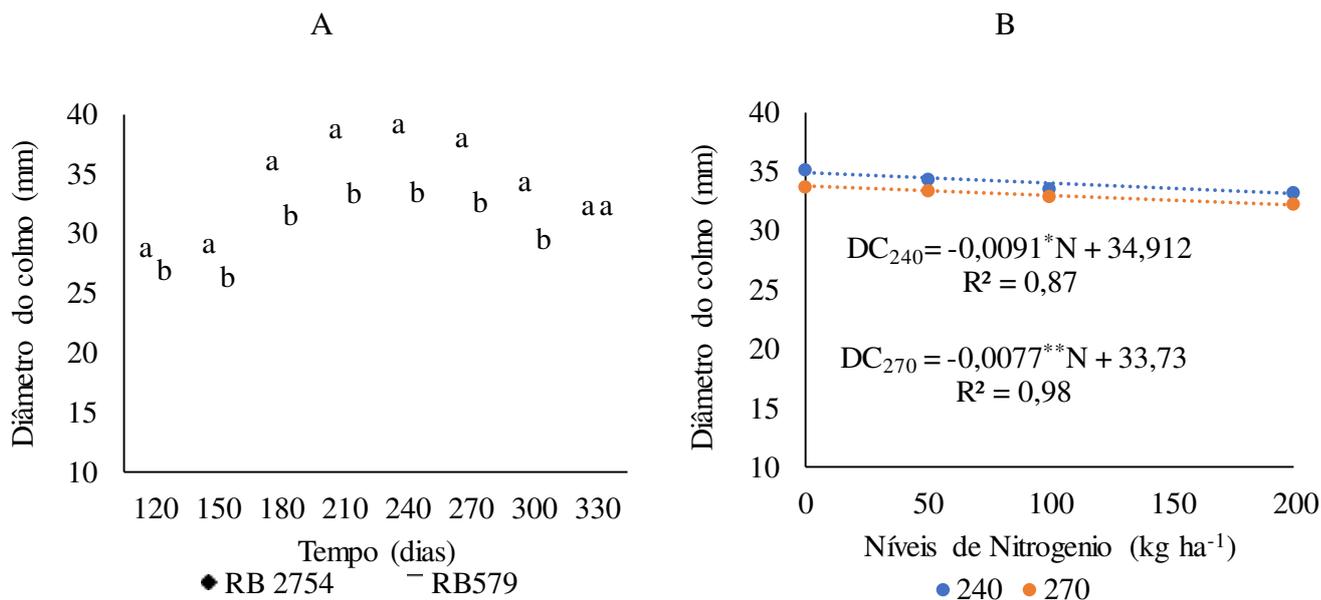


Figura 9. Diâmetro do colmo em função das variedades (A) e em função dos níveis de nitrogênio (B) aplicado ao solo ao longo dos dias no ciclo cana planta.

Nota-se ainda que existem diferenças no crescimento em diâmetro das plantas caracterizando duas fases de desenvolvimento, em que na primeira fase, o aumento no diâmetro do colmo foi rápido e constante nos primeiros 210 dias; já na segunda fase o diâmetro do colmo da cana – de – açúcar apresentou pequeno aumento em espessura, obtendo valores médios de 35,7 e 30,4 para as variedades RB002754 e RB92579 até os 330 dias após o plantio (Figura 9A).

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2010), ao avaliarem o diâmetro do colmo em diferentes variedades, além disso verificaram também aos 360 DAP, os maiores diâmetros dentre as variedades estudadas, no entanto, seus valores são inferiores aos observados nos presentes estudo. O ajuste matemático que melhor se adequou ao diâmetro do colmo em função dos níveis de nitrogênio aplicados ao solo aos 240 e 270 DAP no ciclo cana planta, encontram – se na (Figura 9B). Na medida em que aumentou o nível de nitrogênio aplicado no solo houve uma redução significativa no diâmetro do colmo tanto aos 240 como aos 270 dias após o plantio (DAP). É possível verificar ainda que no nível de 0 kg ha⁻¹ de nitrogênio foi obtido os maiores diâmetros do colmo, correspondendo a 34,9 e 33,7 mm, respectivamente aos 240 e 270 DAP (Figura 9B).

Contudo, é possível que estes resultados estejam associados as épocas avaliadas, pois o maior incremento em diâmetro de colmo é observado até os 180DAP, onde se forma mais de 70% do diâmetro total com adubação nitrogenada (PIRES et al. 2018). Freitas et al. (2012)

avaliando o diâmetro médio do colmo para o aporte de nitrogênio, verificaram um aumento do diâmetro até o aporte de 80 kg ha^{-1} , sendo este aumento de 5,34% em relação à testemunha, sem aporte de nitrogênio (0 kg ha^{-1}), porém houve uma redução de 1% no diâmetro do colmo no aporte 80 kg ha^{-1} em relação ao de 120 kg ha^{-1} .

Uribe et al. (2013) constataram o acréscimo de 1 mm no DC para cada aumento do nível do N aplicado na cana – de – açúcar. Discordando dos os resultados obtidos no presente estudo. Teodoro et al. (2013) e Schultz et al. (2015) relataram que os resultados com a adubação nitrogenada são bastantes divergentes e depende em grande parte da variedade, da interação entre os nutrientes presentes no solo, da quantidade de nitrogênio aplicada via adubação e se este é suficiente para atender as exigências nutricionais das plantas.

O desdobramento da interação de cada variedade dentro de cada lâmina de irrigação para o diâmetro do colmo do ciclo cana planta aos 210; 270 e 300 DAP encontram-se na (Figura 10). O modelo matemático que melhor se ajustou para a interação da variedade RB92579 dentro de cada lâmina de irrigação aos 240 DAP foi o linear, sendo que a medida que se elevou a lâmina de irrigação, houve um ganho no diâmetro do colmo, tendo o ponto de máxima obtido na lâmina de 1324,06 mm, correspondendo a 31,7 mm (Figura 10 A). Carvalho et al. (2009), analisando diferentes níveis de irrigação, obtiveram os maiores diâmetros de colmo nas maiores lâminas de irrigação, corroborando com os dados obtidos neste trabalho para a variedade RB92579.

Quando se analisou a variedade RB002754 dentro das lâminas de irrigação, observou-se que o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, com ponto de máxima conseguido na lâmina de 1030 mm, correspondendo a 37,7 mm de diâmetro do colmo (Figura 10A). Nota-se ainda que a variedade RB002754 obteve maior diâmetro de colmo com uma menor lâmina de irrigação quando comparada a RB92579.

Correia et al. (2012) alcançaram diâmetro médio de 22,85 mm em uma lâmina de irrigação média, correspondendo a cerca de 18,3 mm, sendo que na maior lâmina de irrigação (41,3mm) obteve média de 19,45 mm para a variedade SP1011. A interação da variedade versus lâminas de irrigação para o diâmetro do colmo aos 270 DAP, encontram-se na (Figura 10B). Para a variedade RB92579 observa-se que a quando e elevou a lâmina de irrigação houve um acréscimo significativo no diâmetro do colmo, com ponto de máximo obtido na lâmina de 1324,06 mm, correspondendo a um DC de 32,3 mm (Figura 10B).

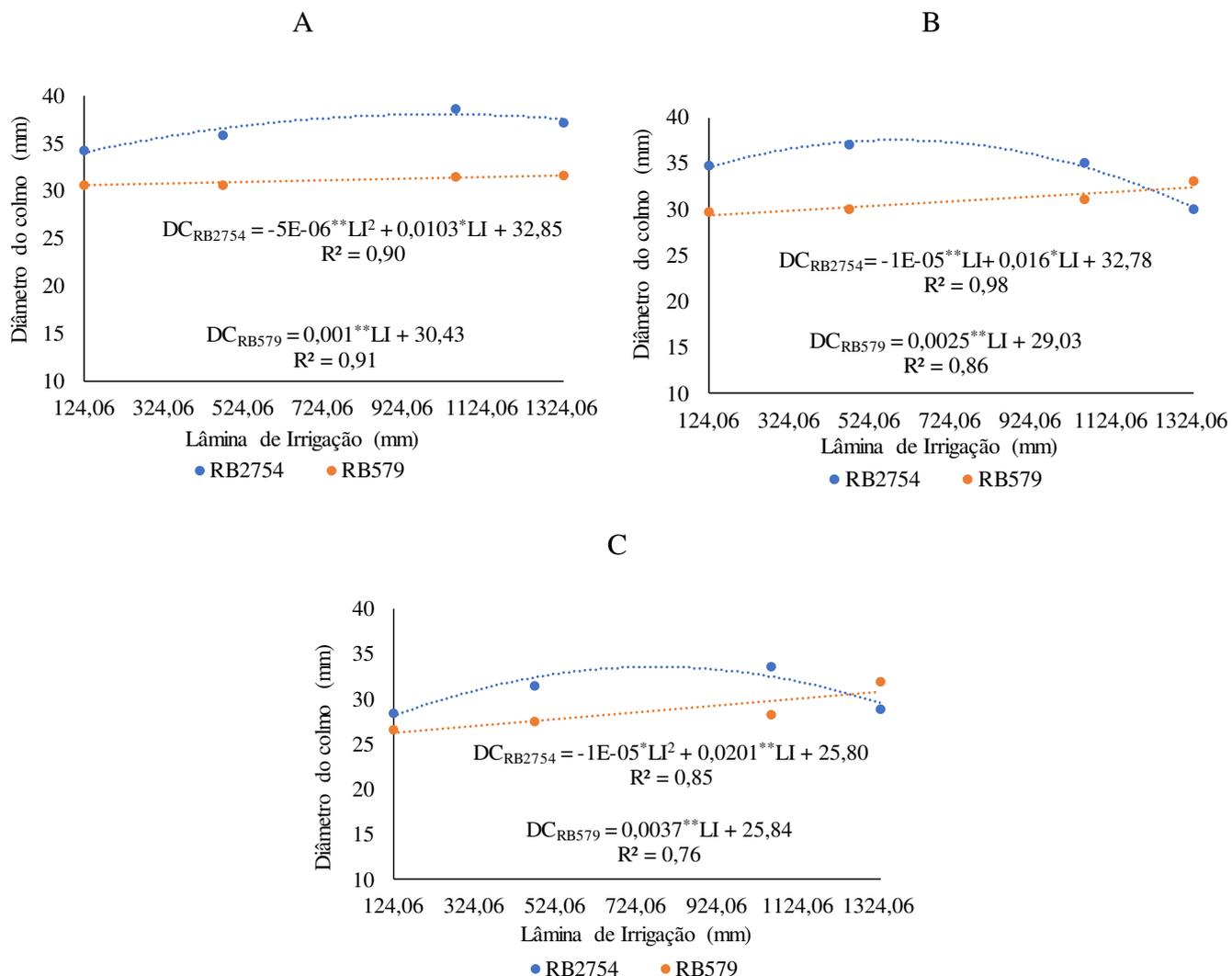


Figura 10. Desdobramento do diâmetro do colmo de cada variedade nas lâminas de irrigação aos 210 (A), 270 (B) e 300 (C) dias após o plantio no ciclo cana planta.

Oliveira et al. (2010), afirmam que a medida que aumentou a lâmina de irrigação houve um ganho positivo no diâmetro de colmo da cana – de – açúcar, contudo a variedade que se destacou foi a RB002454, a variedade RB92579 foi mediana em termos de diâmetro de colmo quando se comparou a RB002454. Resultado que condiz com os obtidos neste trabalho para a mesma variedade.

Para variedade RB002754 dentro de cada lâmina de irrigação, o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático, sendo o máximo rendimento do diâmetro do colmo obtido na lâmina de 800 mm, correspondendo a 36,4 mm de DC aos 270 DAP (Figura 10 B). Valor superior ao obtido pela RB92579 com uma lâmina de irrigação superior.

Oliveira et al. (2015) ao estudarem o comportamento vegetativo e qualidade tecnológica de cultivares de cana – de – açúcar submetidas ao estresse hídrico em condições semiáridas

do Brasil, identificara, resultados semelhantes aos obtidos neste estudo, sendo que a variedade RB92579 foi a que atingiu as menores médias 21,79 mm, quando comparada as demais, resultado semelhante aos observados neste estudo.

Com base nas equações de regressão observadas na (Figura 10C) verifica-se que o aumento de DC por incremento de 100mm na lâmina de irrigação, foi de 1,4% para a variedade RB92579 aos 300DAP. Quanto a variedade RB002754, dentro de cada lâmina de irrigação para o diâmetro de colmo observa-se pelos dados da análise de variância ter sido quadrático o modelo interpretativo dos efeitos das lâminas de irrigação (Figura 10C).

Pela equação de regressão (Figura 10C), o maior diâmetro de colmo da RB002754 foi de (35,9 mm) estimado para uma lâmina de 1005mm, decrescendo à medida que aumentou a quantidade de água de irrigação a partir deste ponto; o menor DC (28,1mm) foi observado na cana planta submetida ao tratamento de 124,06mm, uma queda de 78%, em relação à maior lâmina, com base na equação de regressão.

Oliveira et al. (2014) ao avaliarem as características agrotecnológicas de cana – de – açúcar em diferentes épocas de supressão de irrigação e níveis de adubação as cultivares observaram que as variedades RB855453 e RB92579 apresentaram diâmetro de colmo menor para a lâmina de irrigação de 40% da ETc. Resultado semelhante ao obtido no presente estudo, justificado devido estas cultivares serem consideradas responsivas a irrigação.

Houve efeito significativo pelo teste F para a lâmina de irrigação aos 300 dias após o corte ao nível de 5% de probabilidade para o diâmetro do colmo da cana soca. Já o fator variedade foi considerável em todas as épocas estudadas ao nível de 0,1% de probabilidade (Tabela 11). Observa-se efeito da interação variedade versus lâmina de irrigação ao nível de 1 e 5% aos 180 e 210 dias após o corte para o diâmetro do colmo de cana planta (Tabela 11). Não se observou efeito significativo dos níveis de nitrogênio sobre o diâmetro de colmo em nenhuma das épocas estudadas tão pouco a interação entre os fatores contendo nitrogênio (Tabela 11).

Silva et al. (2014) relatam que a adubação nitrogenada não influenciou de forma significativa o diâmetro de colmo da cana – de – açúcar, no entanto os autores alertam que o crescimento em diâmetro de colmo foi resultado das lâminas de irrigação, uma vez que a água tem papel fundamental na maior alongação dos entrenós e no seu aumento em espessura, resultando em plantas com maiores diâmetros (SILVA et al., 2014).

Tabela 11. Resumo da análise de variância para o diâmetro do colmo da cana soca ao longo do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio							
		D (mm) 120 dias	D (mm) 150 dias	D (mm) 180 dias	D (mm) 210 dias	D (mm) 240 dias	D (mm) 270 dias	D (mm) 300 dias	D (mm) 330 dias
Bloco	3	25,5	11,4	19,4	2,0	8,1	2,3	10,1	18,3
Lâmina (L)	3	5,4 ^{ns}	1,7 ^{ns}	3,1 ^{ns}	6,6 ^{ns}	1,9 ^{ns}	3,6 ^{ns}	4,9 [*]	4,3 ^{ns}
Erro 1	9	3,9	1,7	3,8	2,9	1,5	3,1	1,1	3,3
Variedade (V)	1	679,3 ^{***}	391,0 ^{***}	551,3 ^{***}	581,1 ^{***}	579,1 ^{***}	809,6 ^{***}	545,2 ^{***}	554,3 ^{***}
V*L	3	2,0 ^{ns}	0,4 ^{ns}	9,8 ^{**}	6,5 [*]	3,9 ^{ns}	11,7 ^{ns}	6,1 ^{ns}	8,3 ^{ns}
Erro 2	12	4,8	4,7	2,5	1,3	1,5	4,9	4,4	5,4
Níveis de Nitrogênio (N)	3	20,0 ^{ns}	1,2 ^{ns}	5,5 ^{ns}	0,1 ^{ns}	4,1 ^{ns}	8,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	3,7 ^{ns}
N*L	9	6,4 ^{ns}	2,9 ^{ns}	3,7 ^{ns}	2,2 ^{ns}	7,7 ^{ns}	9,8 ^{ns}	4,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}
N*V	3	3,2 ^{ns}	2,3 ^{ns}	2,7 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	2,2 ^{ns}	3,6 ^{ns}
N*L*V	9	3,6 ^{ns}	1,5 ^{ns}	7,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}	2,8 ^{ns}	4,1 ^{ns}	5,0 ^{ns}	2,4 ^{ns}
Erro 3	72	7,7	3,2	4,8	2,8	3,8	5,2	4,8	3,5
Média Geral	-	28,6	28,1	27,8	27,5	28,8	29,3	29,3	28,8
CV 1(%)	-	6,9	4,7	7,0	6,6	4,3	6,0	3,6	6,3
CV 2(%)	-	7,7	7,7	5,8	4,2	4,3	7,6	7,2	8,1
CV 3(%)	-	9,7	6,4	7,9	6,1	6,9	7,8	7,5	6,5

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

Em relação à variável diâmetro de colmo, o modelo matemático que melhor se ajustou para o fator lâmina de irrigação aos 300 dias após o corte foi o linear (Figura 11A), com acréscimos relativos de DC, de L4= 1242,3mm comparando a L1=99,4mm de 8,83%. Verifica-se ainda, de acordo com o modelo matemático, que a taxa de acréscimo relativo ou aumento por incremento de 100mm de lâmina de irrigação foi de 0,84% (Figura 11A).

Essa resposta é semelhante aos resultados obtidos por Pires et al. (2018) com cana-de-açúcar irrigada em Rio Verde - GO, que encontraram o incremento com o aumento da lâmina de irrigação aplicada, alcançando média de 34,97 mm de diâmetro de colmo.

Para o estudo isolado do fator variedade ao longo do tempo para o diâmetro do colmo (Figura 11B), observa-se que os DC na variedade RB002754 diferiram significativamente do percebido na variedade RB92579 ao nível de 5% pelo teste de Tukey, sendo as médias observadas na RB002754, superiores às da RB92579. Possivelmente, o maior diâmetro de colmo identificado na variedade RB002754, ocorreu devido a esta variedade investir mais em reservas visando aumento em espessura. Costa et al. (2011) ao estudarem o crescimento e produtividade de quatro variedades de cana – de – açúcar no quarto ciclo de cultivo encontraram valores semelhantes, no diâmetro médio de colmo de cana- de – açúcar na variedade RB92579 (23,3 mm).

Os resultados obtidos no presente trabalho aproximam-se daqueles encontrados por Oliveira et al. (2014), onde os autores observaram valores médios de 29 mm para a variedade SP801816 e 27 mm para a RB855453.

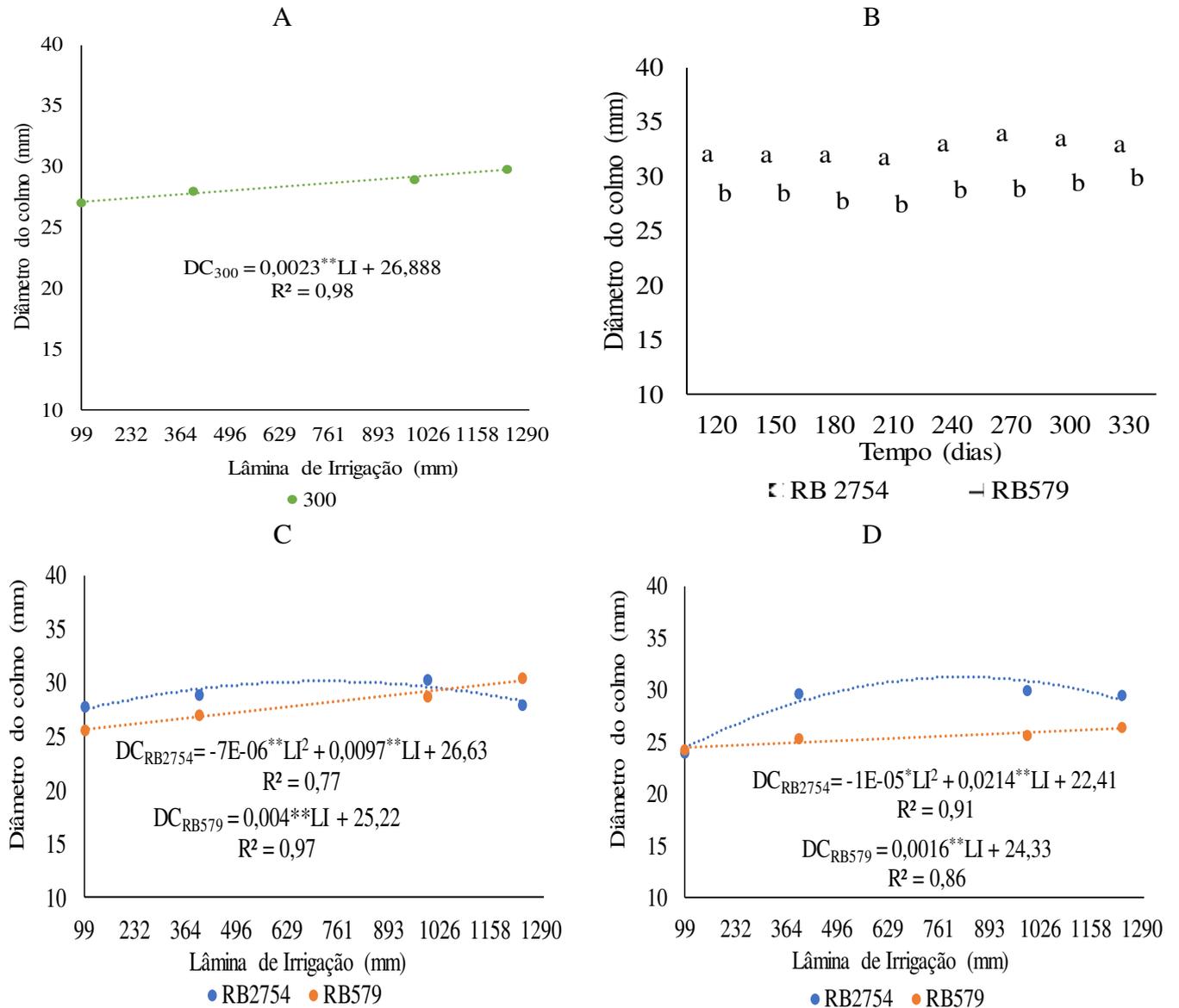


Figura 11. Diâmetro do colmo em função da lâmina de irrigação(A), em função da variedade (B) e desdobramento do diâmetro de cada variedade nas lâminas de irrigação aos 180 (C) e 210 (D) dias após o corte no ciclo cana soca.

Houve efeito da interação entre lâmina de irrigação e variedades de cana – de – açúcar para a variável diâmetro de colmo aos 180 e 210 dias após o corte (Figura 11 C e D), para a variedade RB002754, com ponto de máximo 692,8 e 1070 mm a partir do qual o rendimento em diâmetro do colmo começa a declinar com uma diferença de 1,26 e 27,17% entre a menor

(L1) e a maior lâmina de irrigação (L4), respectivamente aos 180 e 210 DAC (Figura 11C e D).

Em contrapartida, para variedade RB92579, observou-se aumento do DC à medida que se elevou a lâmina de irrigação, sendo o máximo rendimento obtido com 1242,3mm aos 180 e 210 dias após o corte (Figura 11C e D). A taxa de acréscimo por incremento de 100mm na lâmina de irrigação, foi de 1,53 e 0,64%. De acordo com Oliveira et al. (2014) as variações em diâmetro de colmo entre as variedades de cana – de – açúcar, possivelmente, estejam associadas a dependência das características genéticas da planta, do número de perfilho, do espaçamento utilizado, da área foliar e das condições climáticas.

O resumo da análise de variância para o número de perfilhos da cana planta ao longo do ciclo de cultivo encontra-se na Tabela 12. Nota-se que não houve efeito da lâmina de irrigação em nenhuma das épocas estudadas. O número de perfilho foi influenciado de forma significativa ao nível de 0,1% para o fator variedade em todas as épocas estudadas. Evidencia-se ainda efeito significante para a interação variedade versus lâmina de irrigação aos 330 dias após a semeadura ao nível e 5% de probabilidade para o número de perfilhos (Tabela 12).

Quando se analisou isoladamente o fator níveis de nitrogênio constatou-se efeito para o número de perfilhos aos 120, 150 e 300 dias após a semeadura, ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 12). Houve efeito da interação para níveis de nitrogênio versus variedade ao nível (($p < 0,05$) aos 240 dias após a semeadura para o número de perfilhos da cana planta (Tabela 12).

Tabela 12. Resumo da análise de variância para o número de perfilhos da cana planta ao longo do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio							
		Perfilhos 120 dias	Perfilhos 150 dias	Perfilhos 180 dias	Perfilhos 210 dias	Perfilhos 240 dias	Perfilhos 270 dias	Perfilhos 300 dias	Perfilhos 330 dias
Bloco	3	27,2	66,3	7,2	5,1	3,6	0,5	3,5	0,2
Lâmina (L)	3	2,3 ^{ns}	24,7 ^{ns}	8,3 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,7 ^{ns}
Erro 1	9	6,02	20,6	7,6	1,6	3,7	1,6	1,1	1,5
Variedade (V)	1	1241,8 ^{***}	812,0 ^{***}	207,3 ^{***}	273,4 ^{***}	343,2 ^{***}	213,9 ^{***}	510,8 ^{***}	468,9 ^{***}
V*L	3	4,8 ^{ns}	11,4 ^{ns}	3,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}	3,9 ^{ns}	0,8 ^{ns}	3,0 ^{ns}	2,7*
Erro 2	12	21,5	15,4	7,9	3,9	2,5	2,7	3,0	0,6
Níveis de Nitrogênio (N)	3	90,1**	63,0*	10,1 ^{ns}	1,0 ^{ns}	6,4 ^{ns}	1,5 ^{ns}	7,8*	2,2 ^{ns}
N*L	9	19,2 ^{ns}	17,6 ^{ns}	9,0 ^{ns}	2,9 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,4 ^{ns}	2,7 ^{ns}	0,9 ^{ns}
N*V	3	16,8 ^{ns}	35,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	2,0 ^{ns}	9,5*	2,1 ^{ns}	2,4 ^{ns}	2,3 ^{ns}
N*L*V	9	8,7 ^{ns}	9,8 ^{ns}	5,8 ^{ns}	3,1 ^{ns}	3,5 ^{ns}	2,5 ^{ns}	1,8 ^{ns}	1,5 ^{ns}
Erro 3	72	20,4	19,0	6,7	2,3	3,4	1,4	2,7	1,3
Média Geral	-	18,5	19,7	14,8	11,8	11,1	10,8	10,6	9,9
CV 1(%)	-	13,2	23,7	18,6	10,9	17,4	11,8	10,0	12,4
CV 2(%)	-	25,1	20,5	18,9	16,8	14,3	15,5	16,6	8,4
CV 3(%)	-	24,4	22,7	17,5	12,9	16,6	11,1	15,6	11,5

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

O número de perfilhos por metro linear em função das variedades ao longo do tempo para o ciclo cana planta encontram - se na (Figura 12A). Houve diferença significativa entres as variedades estudas ao nível de 5% pelo teste de Tukey, onde se pode observar que a cultivar RB92579 obteve maior número de perfilhos quando comparada a RB002754. Cabe destacar ainda que ambas as variedades obtiveram máximo perfilhamento no início de período vegetativo e redução acentuada até a colheita (Figura 12A).

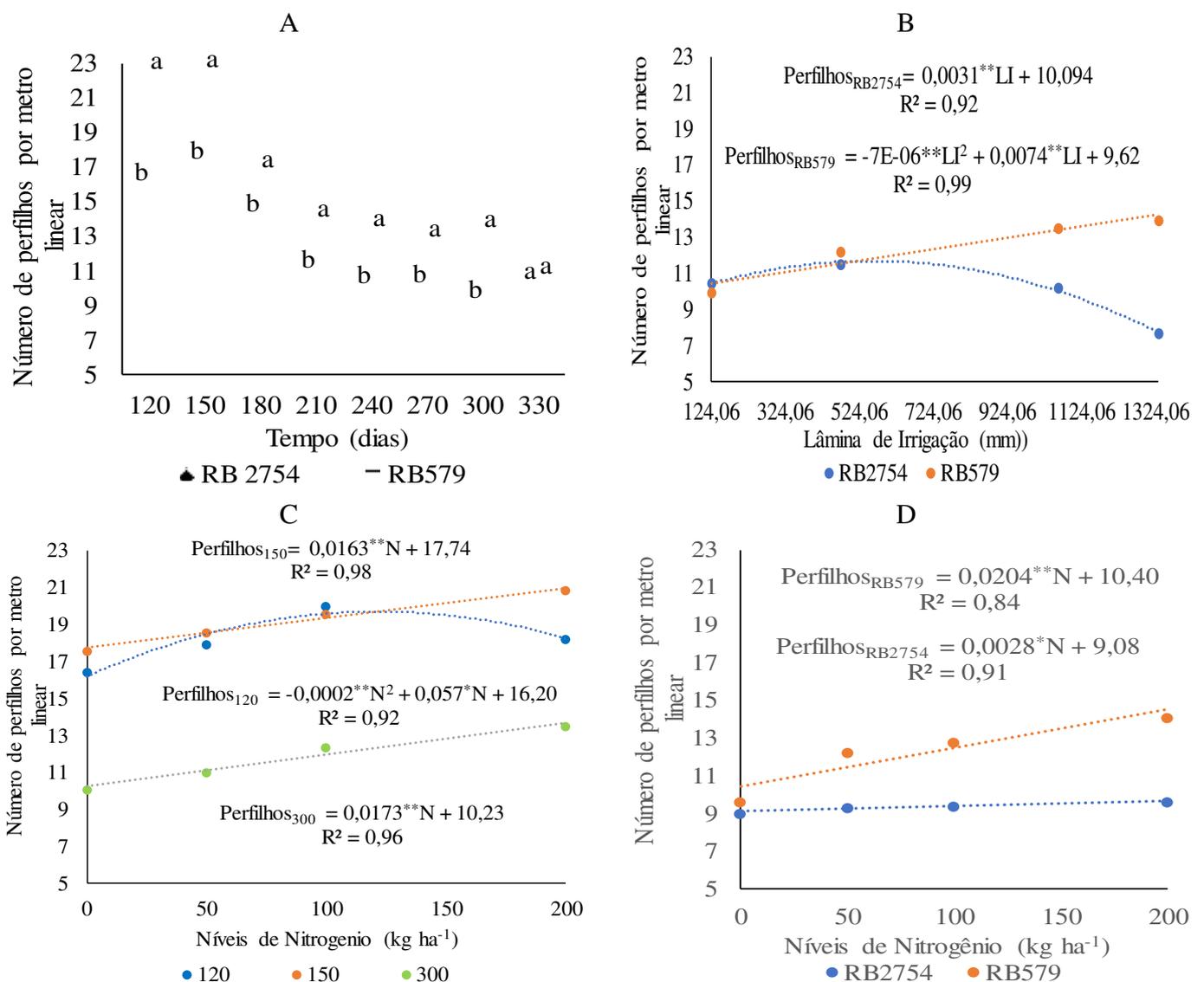


Figura 12. Número de perfilho por metro linear em função da variedade de cana – de – açúcar (A), desdobramento da interação variedade versus lâmina de irrigação (B), em função dos níveis de nitrogênio (C) e desdobramento da interação níveis de nitrogênio versus variedade aos 240 dias após o plantio(D) do ciclo cana planta.

Para Oliveira et al. (2014) essa redução no número de perfilhos pode ser atribuída ao aumento da competição pelos fatores de crescimento como água, luz, nutriente e espaço,

levando à morte aqueles perfilhos mais jovens, fracos e mal posicionados. Bennet et al. (2011) afirmam que o perfilhamento está ligado ao potencial genético de cada variedade, sendo fator fundamental na produção da cana – de – açúcar.

O desdobramento da interação para variedade versus lâmina de irrigação em relação ao número de perfilhamentos por metro linear variedade RB92579 (Figura 12B) evidenciou aumento quando se elevou a lâmina de irrigação, sendo que a equação que melhor se ajustou foi a linear, com ganhos em número de perfilhos por metro linear, de L2=473,67mm comparado a L1=124,06 mm de 9,37%; L3=1061,47mm e L1 de 21,74%; L4=1324,06mm e L1 de 26,32% ao final do ciclo de cultivo da cana planta. Constatou-se, ainda, de acordo com a equação de regressão para o RB92579, que a taxa de acréscimo por incremento de 100mm de lâmina de irrigação foi de 2,87%. O número de perfilhos por metro linear teve comportamento quadrático para a RB002754 com ponto de máximo em 528,5mm, correspondendo a 11,5 perfilhos por metro linear (Figura 12B). Resultados próximos aos observados por Silva et al. (2015) que perceberam incremento de 25% na lâmina de irrigação contribui para um aumento que corresponde a 6,73%, totalizando incrementos de até 6 perfilhos por metro linear.

Silva et al. (2015) relataram que ao final do ciclo de cultivo obtiveram cerca de 15,3 perfilhos por metro linear, resultado superior ao observado no presente estudo visto que a variedade com maior número de perfilhos ao final do ciclo foi a RB92579 e teve cerca de 14,2.

O número de perfilhos por metro linear em função dos níveis de nitrogênio aplicados ao solo aos 120, 150 e 300 dias após o plantio encontram-se na (Figura 12C). O número de perfilhos aos 120 DAP teve ajuste quadrático, sendo que o máximo rendimento foi obtido com 142,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio, correspondendo a 20,26 perfilhos. De acordo com a equação de regressão para os 150 e 300 DAP (Figura 12C) o número de perfilhos por metro linear atingiu seu ponto de máximo em 200 kg ha⁻¹ de N, com médias de 21, 0 e 13,6. Nota-se que dos 120 aos 150 DAD houve um crescimento em número de perfilhos e dos 150 aos 300 DAP o número de perfilhos reduziu consideravelmente. Esta redução no perfilhamento pode ser atribuída a morte de plantas e encerramento do perfilhamento neste período (SILVA et al. 2014).

Bastos et al. (2017) afirmam que os tratamentos com aplicação de nitrogênio ao solo influenciam de forma significativa o número de perfilhos por metro linear, sendo possível observar diferenças de cerca de 6 perfilhos entre os tratamentos. Resultados que condizem com observado no presente estudo.

O desdobramento de níveis de nitrogênio dentro das variedades foi significativo para ambas as variedades estudadas (Figura 12D), o modelo polinomial que melhor se ajustou foi o de primeira ordem, no qual há um incremento no número de perfilhos por metro linear em ambas as variedades. Nota-se que o maior perfilhamento foi obtido com a dose de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, correspondendo a 14,4 e 9,6 perfilhos, uma diferença de 28,7 e 5,8% quando comparado a N1= 0 kg ha⁻¹ e N4 = 200 kg ha⁻¹, respectivamente para RB92579 e RB002754. O aumento no número de colmos com a aplicação de nitrogênio é justificado pelo importante efeito do mesmo na taxa de perfilhamento das culturas (MALAVOLTA, 2006). Esses dados, corroboram com os resultados encontrados no trabalho de Oliveira et al. (2010) que observaram que a cultivar RB92579 apresenta alto perfilhamento, o qual influencia na produtividade final da cultura. Espósito et al. (2012) verificaram que o componente número de colmos possibilita ganhos significativos na produtividade e deve ser um dos parâmetros utilizados em processos de seleção de material.

Na tabela 13, apresenta-se a análise de variância para números de perfilhos nas diferentes épocas de avaliação. Houve efeito significativo (p<0,05) para a lâmina de irrigação, assim como para os níveis de nitrogênio apenas para os 120 e 150 dias após o corte, respectivamente. Foi observado efeito significativo ao nível de 0,1% para o tratamento variedade no ciclo cana soca em todas as épocas avaliadas. A interação níveis de nitrogênio x variedade foi significativa ao nível de 1% pelo teste F, apenas aos 180 dias após o corte, representando respostas diferenciadas dos níveis de nitrogênio em relação a cada variedade estudada (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo da análise de variância para o número de perfilhos da cana soca ao longo do ciclo de cultivo.

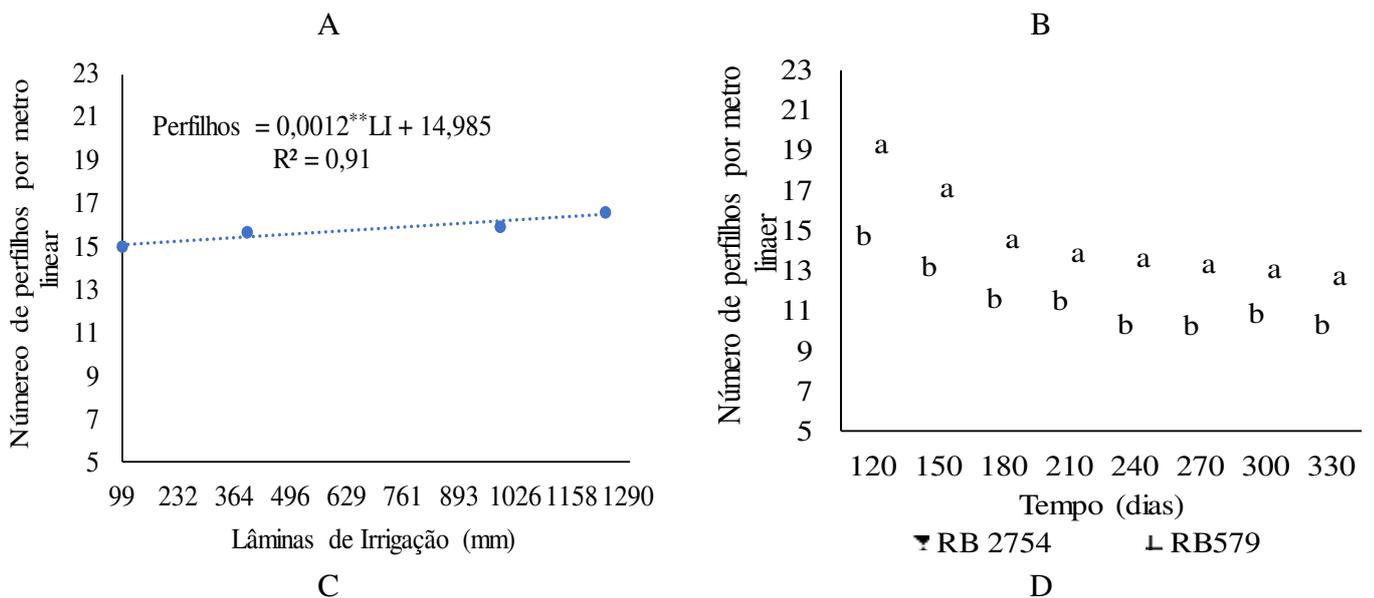
Fontes de Variação	GL	Quadrado médio							
		Perfilhos 120 dias	Perfilhos 150 dias	Perfilhos 180 dias	Perfilhos 210 dias	Perfilhos 240 dias	Perfilhos 270 dias	Perfilhos 300 dias	Perfilhos 330 dias
Bloco	3	14,7	3,5	0,5	11,3	2,7	5,1	1,6	0,1
Lâmina (L)	3	14,1*	10,9 ^{ns}	2,8 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}
Erro 1	9	3,4	6,8	1,1	1,0	0,7	0,6	0,7	0,9
Variedade (V)	1	682,1***	496,1***	290,9***	189,4***	353,3***	305,7***	156,4***	187,4***
V*L	3	4,4 ^{ns}	6,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}
Erro 2	12	3,1	3,6	0,6	2,2	0,8	3,0	0,9	0,9
Níveis de Nitrogênio (N)	3	2,8 ^{ns}	16,9*	0,2 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,4 ^{ns}
N*L	9	4,8 ^{ns}	6,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}
N*V	3	1,4 ^{ns}	2,5 ^{ns}	4,4**	1,5 ^{ns}	0,5 ^{ns}	4,0 ^{ns}	3,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}
N*L*V	9	2,8 ^{ns}	3,5 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,1 ^{ns}
Erro 3	72	2,4	5,2	1,0	1,1	0,8	1,5	1,6	0,9
Média Geral	-	15,7	13,9	11,8	11,4	10,7	10,5	10,7	10,2
CV 1(%)	-	11,8	18,8	9,1	8,9	8,1	7,9	8,0	9,2
CV 2(%)	-	11,2	13,8	6,8	13,1	8,7	16,5	9,2	9,6
CV 3(%)	-	9,9	16,4	8,7	9,4	8,5	11,7	11,8	9,5

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

Foi possível evidenciar que ambas as variedades obtiveram máximo perfilhamento no início de período vegetativo e redução acentuada até a colheita tanto para cana planta quanto para cana soca (Tabela 12 e 13). Essa redução no perfilhamento, possivelmente pode ser em decorrência do aumento da competição pelos fatores de crescimento como água, luz, nutriente e espaço, levando à morte aqueles perfilhos mais jovens, fracos e mal posicionados.

Os valores de perfilhos encontram-se dentro da faixa ideal para resultar em uma safra de boa produtividade, o que se deve também à alta luminosidade da região que está diretamente relacionada à densidade de plantas, pois quando se tem elevada luminosidade, geralmente, a cultura tende a perfilhar mais (BEZUIDENHOUT et al., 2003).

O número de perfilhos por metro linear para o ciclo cana soca em função da lâmina de irrigação teve comportamento linear para 120 dias após o corte (Figura 13A). Nota-se que o incremento em perfilhos por metro linear quando se comparou L1=99,4 mm a L5 = 1242,3mm foi de 1,5. Resultados similares em relação ao aumento do número de perfilhos por metro linear foram obtidos em Oliveira et al. (2010). Possivelmente, este fato está relacionado as condições de umidade contínuas do solo mantidas pelas irrigações.



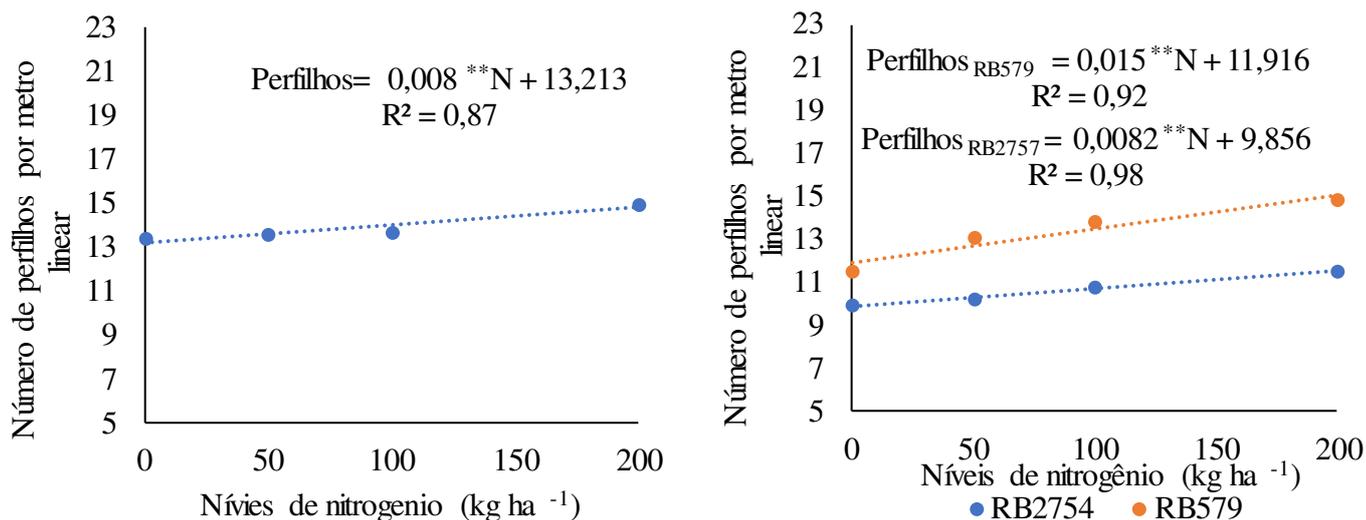


Figura 13. Número de perfilho por metro linear em função da lâmina de irrigação aos 120 dias após o corte (A), em função das variedades (B), dos níveis de nitrogênio aos 150 dias após o corte (C) e desdobramento dos níveis de nitrogênio dentro de cada variedade aos 180 dias após o corte (D) ciclo cana soca.

Para a o número de perfilhos por metro linear em função das variedades de cana - de - açúcar para o ciclo cana soca (Figura 13B), observa-se efeito significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5%, sendo que a cultivar RB92579 foi a que evidenciou maior número de perfilhos quando comparada a RB002754. É possível verificar ainda que o pico de emissão de perfilhos em ambas as variedades foi observada até os 150 das após o corte (Figura 13B).

Resultados diferentes dos obtidos por Costa et al. (2011) que encontraram máximo perfilhamento, para diferentes cultivares aos 90 dias após o corte da cana - de - açúcar . Contudo, vale salientar que a região produtora de cana estudada por estes autores foi a dos tabuleiros costeiros no estado de Alagoas. Dessa forma, devido às elevadas temperaturas diárias médias no momento do corte, chegando a 25°C, esse pico no perfilhamento ocorreu antes do obtido para esse experimento.

O modelo matemático que melhor se ajustou ao número de perfilhos por metro linear em função dos níveis de nitrogênio aplicados aos 150 dias após o corte, foi o linear (Figura 13C), observa-se que a medida que se elevou o nível de nitrogênio houve um incremento positivo na emissão de perfilhos da cana soca, sendo o máximo rendimento obtido no nível de 200kg ha⁻¹ de N, correspondendo 14,8 perfilhos consistindo em uma diferença de 1,6 perfilhos quando se compara o nível de 0 kg ha⁻¹ de N ao de 200 kg ha⁻¹ de N (Figura 13C).

Aos 150 dias após o corte Bastos et al. (2017) ao pesquisarem os efeitos da adubação nitrogenada e potássica no crescimento da cultura da cana - de - açúcar segunda soca, observaram que o nitrogênio influenciou positivamente o número de perfilhos por metro

linear, no entanto sua média foi de 39,6 perfilhos, valor este superior ao obtido no presente estudo, fato que pode ser justificado pelas condições ambientais da condução do estudo Rio Verde- GO e a variedade estudada IACSP955000.

Houve interação para os fatores níveis de nitrogênio versus variedade para a variável número de perfilhos por metro linear aos 180 dias após o corte (ciclo cana soca) (Figura 13D), nota-se que a medida que se elevou o nível do nitrogênio aplicado ao solo houve um acréscimo no número de perfilhos em ambas as variedades, sendo que a variedade RB92579 obteve maior média (14,9) e a RB002754 (11,4) perfilhos por metro linear(Figura 13D).

Franco & Trivelin (2011), afirmam que a adubação nitrogenada evidência resultados muito variáveis, visto que dependem da forma de aplicação do nitrogênio, principalmente na produtividade de colmos, apresentando respostas bem heterogêneas para cana-planta e relativamente homogêneas para cana-soca, fato este semelhante ao observado no presente estudo.

Já Uribe et al. (2016) dizem que a aplicação de nitrogênio no nível de 140 kg ha^{-1} favorece a emissão de novos perfilhos em cana – de – açúcar por mais tempo, produzindo desta forma maiores níveis de fotoassimilados.

5.2. Produtividade e qualidade tecnológica da cana – de – açúcar

O resumo da análise de variância para a produtividade e qualidade tecnológica da cana-de – açúcar para o ciclo cana planta e cana soca ao final do cultivo encontram-se na Tabela 14. A lâmina de irrigação influenciou de forma significativa pelo teste F a produtividade de colmo (TCH) em tonelada de cana por hectare, açúcares totais recuperáveis (ATR) em kg t^{-1} , produtividade de açúcar (TPH) em toneladas de pol por hectare, teor de fibra (FIBRA) e a pureza do caldo (PZA) em % ao nível de 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, exceto ATR, FIBRA e PZA da cana planta (Tabela 14).

Silva et al. (2014) relatam que o aumento da lâmina de irrigação favorece a melhora progressiva da produtividade e qualidade tecnológica da cana de açúcar. Resultados estes semelhantes ao observado no presente estudo, mesmo estudando variedades diferentes. O fator variedade isolado influenciou de forma significativa a TCH, ATR, TPH e PZA ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, vê-se ainda que não houve significância para a toneladas de pol por hectare no ciclo cana planta, teor de fibra no ciclo cana planta e soca e para a pureza do caldo no ciclo cana soca (Tabela 14).

Houve efeito da interação entre os fatores variedade de cana – de – açúcar versus lâmina de irrigação para ATR da cana planta ao nível de 1% e PZA da cana planta e soca ao nível de 1 e 5% , respectivamente pelo teste F (Tabela 14). Observa-se efeito do fator isolado níveis de nitrogênio sobre o teor de fibra do ciclo cana planta ao nível de 5% de probabilidade. Houve efeito da interação entre os fatores níveis de nitrogênio versus lâmina de irrigação para a variável tonelada de cana por hectare ao nível de 0,1% pelo teste F. Não foi verificado efeito das demais interações sobre nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 14).

Oliveira et al. (2014) afirmam que o nitrogênio não interferiu na produtividade e qualidade tecnológica da cana – de – açúcar fato que pode ser justificado pela quantidade disponibilizada dos diferentes níveis de adubação nitrogenada. Os valores dos coeficientes de variação experimental (CV%), de acordo com a classificação proposta por Pimentel Gomes (1990), foram considerados baixos e médios para os CV2 e CV3, o que indica boa precisão experimental, já para o CV1 foram elevados para TCH e TPH (Tabela 14).

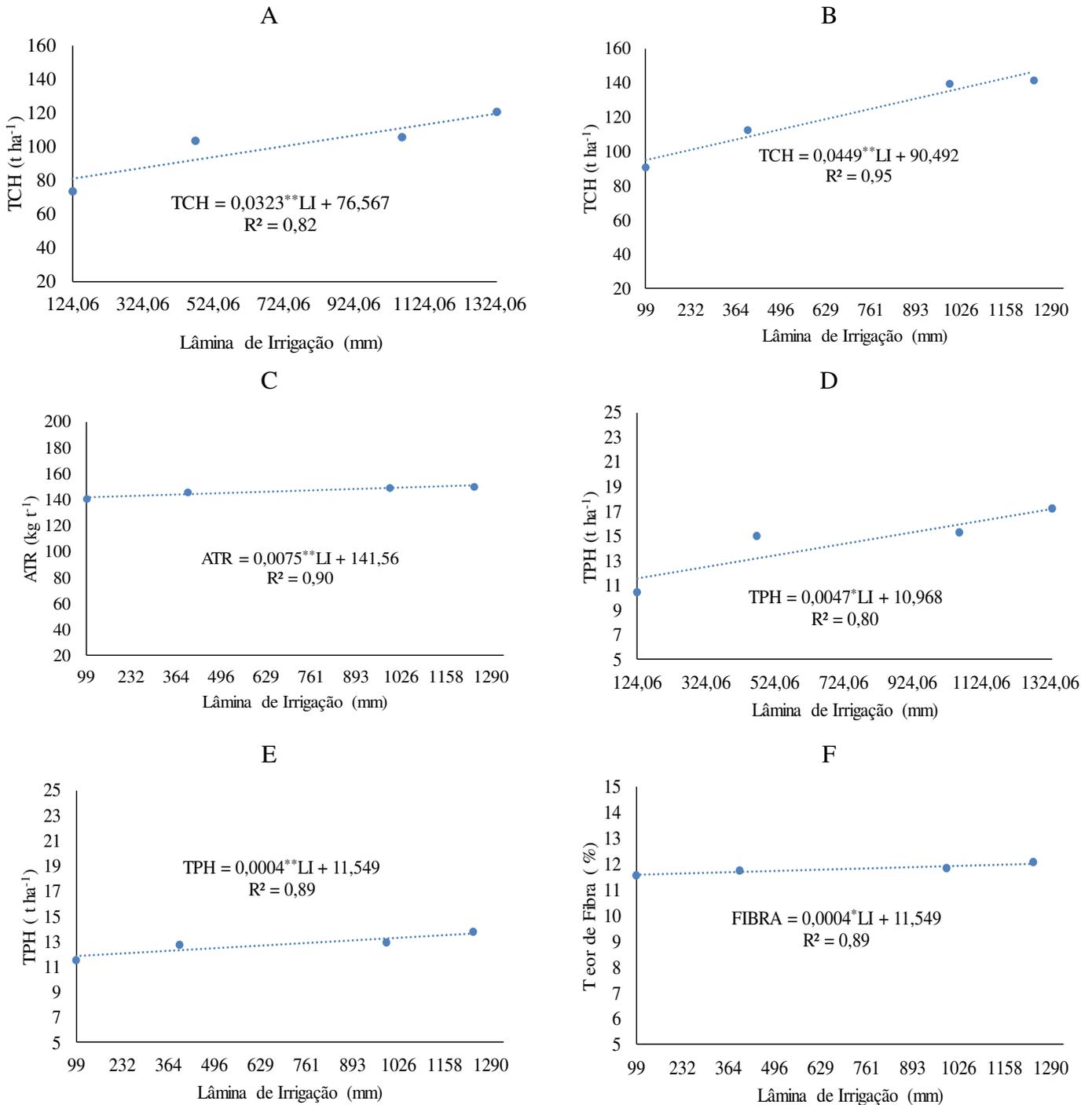
Souza et al.(2012) encontraram resultados semelhantes para essas variáveis, ao avaliarem o desempenho agroindustrial de variedades de cana – de – açúcar para início de safra na microrregião centro de Pernambuco. Pode-se constatar que a expressão desses importantes componentes de produção e da qualidade tecnológica da cana – de – açúcar também depende em grande parte dos fatores climáticos, que são diferenciados nos ciclos de colheita de cana planta e soca.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para qualidade tecnológica da cana – de – açúcar ciclo cana planta e soca ao final do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio									
		TCH (t ha ⁻¹)		ATR(kg t ⁻¹)		TPH(t ha ⁻¹)		FIBRA (%)		PZA(%)	
		Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca
Bloco	3	1736,8	708,3	87,1	20,0	32,2	0,4	1,3	20,9	82,6	41,2
Lâmina (L)	3	12258,9**	18660,2***	57,1 ^{ns}	514,4***	266,1**	1,4*	0,4 ^{ns}	68,7*	19,8 ^{ns}	549,0**
Erro 1	9	1254,8	976,2	105,5	25,1	20,4	0,2	0,3	13,0	11,9	77,7
Variedade (V)	1	2866,5**	1548,9*	1694,2**	45,5 ^{ns}	14,9 ^{ns}	1,0*	0,03 ^{ns}	2,5 ^{ns}	75,5*	9,1 ^{ns}
V*L	3	34,5 ^{ns}	83,0 ^{ns}	856,5**	8,8 ^{ns}	6,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,4 ^{ns}	58,5**	180,7*
Erro 2	12	174,0	197,6	94,5	3,3	4,5	0,1	1,4	4,0	9,4	41,6
Níveis de Nitrogênio (N)	3	372,3 ^{ns}	145,4 ^{ns}	193,1 ^{ns}	2,1 ^{ns}	10,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}	2,4*	6,5 ^{ns}	77,0 ^{ns}	41,9 ^{ns}
N*L	9	551,5***	104,6 ^{ns}	74,1 ^{ns}	3,7 ^{ns}	11,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,35 ^{ns}	4,7 ^{ns}	23,92 ^{ns}	52,3 ^{ns}
N*V	3	185,4 ^{ns}	55,7 ^{ns}	82,54 ^{ns}	0,6 ^{ns}	2,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,94 ^{ns}	4,7 ^{ns}	12,6 ^{ns}	24,4 ^{ns}
N*L*V	9	100,4 ^{ns}	120,5 ^{ns}	117,6 ^{ns}	4,4 ^{ns}	4,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,35 ^{ns}	8,1 ^{ns}	22,8 ^{ns}	118,6 ^{ns}
Erro 3	72	136,8	112,7	177,0	3,4	5,9	0,2	0,68	7,2	29,3	59,7
Média Geral	-	100,7	121,1	143,9	146,6	14,5	11,8	12,0	84,7	11,8	84,8
CV 1(%)	-	35,2	25,8	7,1	28,1	31,1	4,1	4,6	4,3	4,1	6,0
CV 2(%)	-	13,1	11,6	6,8	10,3	14,7	3,7	10,0	2,4	3,6	4,4
CV 3(%)	-	11,6	8,8	9,2	10,4	16,9	4,0	6,8	3,2	6,4	5,3

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

A produtividade de colmo (TCH t ha⁻¹) em função da lâmina de irrigação ciclo cana planta (Figura 14A) e da cana soca (Figura 14B) é crescente a medida que se aumenta a lâmina aplicada, até atingir um valor máximo de 119,3 t ha⁻¹, no ciclo cana planta com aplicação de 1324,06mm e 146,2 t ha⁻¹, com a aplicação de 1242,3 mm no ciclo cana soca, respectivamente (Figura 14A e B).



G

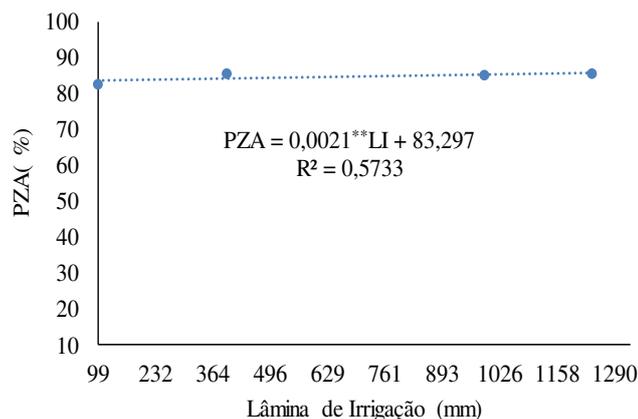


Figura 14. TCH cana planta (A), soca (B), açúcares totais recuperáveis cana soca - ATR (C), TPH cana planta (D), soca (E), teor de fibra (F) e pureza do caldo (G) da cana soca em função da lâmina de irrigação.

A produtividade de colmos da cana – de – açúcar é influenciada positivamente pelo emprego da irrigação. Nesse sentido, esta prática de manejo da cultura em conjunto com as condições edafoclimáticas, são de elevada importância para o desenvolvimento da planta em consequência sua produtividade (CORREIA et al., 2014). Corroborando com os resultados obtidos por Viera et al. (2014) que observaram crescimento da produtividade do colmo em TCH à medida que se aumenta a lâmina aplicada, até atingir um valor máximo de 112,3 t ha⁻¹, com a aplicação de 1.537,2 mm.

Já Farias et al. (2008) ao estudarem a cultivar SP791011 na região norte-paraibana em tabuleiros costeiros reportaram valores de 31,13 e 88,10 t ha⁻¹ para o tratamento de sequeiro e irrigado com lâmina igual a 100% da evapotranspiração da cultura (ET_C), respectivamente. Resultados bem inferiores aos obtidos no presente estudo, fato que pode estar associado a diferente variedade estudada.

Morais et al. (2017) e Hanauer (2011) afirmam que a produtividade de colmos tende a ser igual ou superior, em cana soca, comparando-se com a cana planta, corroborando com os dados obtidos no presente trabalho. Carvalho et al. (2009), observando o rendimento em TCH de açúcar e álcool da cana – de – açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação em Argissolo, também relataram incrementos para os ciclos de cana soca comparado a cana planta, porém com valores menores que os observados neste trabalho.

Daros et al. (2015) relatam que a RIDESA em experimentos desenvolvidos em algumas regiões brasileira obtiveram que variedade RB965902 produziu 128,50 t ha⁻¹ em ciclo de cana-planta, 119,70 t ha⁻¹ em primeira soca e 113,50 t ha⁻¹ em segunda soca, enquanto a variedade RB855453 produziu 128,30 t ha⁻¹ no ciclo de cana planta, 115,10 t ha⁻¹ em primeira

soca e 114,90 t ha⁻¹ em segunda soca. Resultados estes diferentes dos obtidos neste estudo, visto que a cana soca foi a mais produtiva.

Os açúcares totais recuperáveis (ATR) no ciclo cana soca teve comportamento linear ao final do ciclo de cultivo (Figura 14C), sendo o rendimento máximo em açúcar total recuperável de 150,8 kg t⁻¹, resultado obtido na lâmina de 1242,3 mm. Observa-se ainda que a diferença entre a menor e a maior lâmina de irrigação estudada foi de 8,5% e R² de 90% (Figura 14C).

Farias et al. (2009), encontraram resultados próximos para produção de ATR na cana irrigada com 1407mm, que produziu 147,47 kg t⁻¹. Já Silva et al. (2014) estudando a qualidade industrial da cana – de – açúcar fertirrigada, sob diferentes lâminas de água no sudoeste goiano constataram que os melhores resultados de açúcares totais recuperáveis foram obtidos com a lâmina de 75% da ETc, correspondendo a 150,5 kg t⁻¹ e um alto coeficiente de determinação (R² = 99,08%).

Silva et al. (2014) ao avaliarem potencial produtivo da cana – de – açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos afirmam que dentre os atributos analisados na cana – de – açúcar a variável ATR é fundamental para a indústria e para os produtores, visto que é em função dela que as unidades industriais elaboram o preço pago aos produtores, ou seja, seus fornecedores. Considerando tal aspecto, a qualidade tecnológica dos colmos decorrentes da melhor expressão do atributo ATR é, em parte, devido ao melhor desempenho de algumas variedades quando supridas adequadamente o fornecimento hídrico ao longo do ciclo de cultivo.

A variável produtividade de açúcar (TPH) em função da lâmina de irrigação do ciclo cana planta encontra-se na (Figura 14D) e cana soca (Figura 14E) evidenciam ajuste linear, estimando-se em 1324,06 e 1242,3mm a lâmina de irrigação que maximiza a TPH, correspondendo a 17,9 e 12,04 t ha⁻¹, respectivamente, para o ciclo cana planta e soca (Figura 14 D e E). Estes resultados mostram distintas respostas a melhoria do ambiente atribuído ao manejo da irrigação.

Corroborando assim com os resultados obtidos por Daros et al. (2010) que verificaram 16,14 t ha⁻¹ para a variedade RB965902 e 16,29 t ha⁻¹ para a RB855453, em três ciclos de cultivo e em diversas regiões do Brasil. Enquanto Silva et al. (2014) obtiveram resultados superiores aos encontrado nestes estudos, pois no primeiro ciclo de cultivo produtividade de açúcar (TPH) média de 20,5 t ha⁻¹ e no segundo ciclo 21,5t ha⁻¹. O teor de fibra (%) da cana – de – açúcar em função da lâmina de irrigação teve ajuste linear, com máximo rendimento em Fibra obtido na lâmina de 1242,3 mm, com valor de 12,04% e diferença entre menor e maior

lâmina de irrigação de 0,45% para o ciclo cana soca (Figura 14F). Entretanto, Oliveira et al. (2011) reportaram que a irrigação plena promoveu redução no teor de fibra médio de 11 variedades proporcionando valor adequado para melhor eficiência da extração do caldo pela indústria.

De acordo com Leite et al. (2009), a quantidade ideal de fibra é variável entre 12% e 13%, esta não compromete a quantidade disponível de bagaço para queima no início da safra. Os dados obtidos neste estudo estão dentro desta faixa considerada adequada para fibra em cana de açúcar. Resultado similar ao alcançado por Silva et al. (2014) para o ciclo cana soca que obteve média de 12,8%. Carvalho et al. (2008,) registraram valor inferior ao do presente estudo, uma vez que para o ciclo cana soca na variedade RB72454, o valor médio foi de 10,08% quando submetido a irrigação suplementar. Farias et al. (2009) atingiram teor de fibras de (15,07) estimado para uma lâmina de 844,4 mm.

O modelo matemático que melhor se ajustou a pureza do caldo (PZA%) em função das lâminas de irrigação no ciclo cana soca, foi o linear (Figura 14G), observa-se que a medida que se elevou a lâmina de irrigação houve um incremento positivo da PZA da cana soca, sendo o máximo rendimento obtido na lâmina de 1242,3mm, correspondendo 85,9% consistindo em uma diferença de 2,19% quando se compara a lâmina de irrigação de 99,4mm a de 1242,3mm (Figura 14G). Resultados estes que condizem com os obtidos por Farias et al. (2009) que verificaram aumento na PZA quando se elevou a lâmina de irrigação testada, sendo que na lâmina com 100% da ETc obtiveram cerca de 90,47% de PZA.

Silva et al. (2014) obtiveram máximo rendimento em PZA com 75% da de reposição hídrica, correspondendo a 89,5% de PZA, resultado este similar ao obtido no presente estudo, no entanto, com uma lâmina de irrigação inferior a utilizada neste estudo.

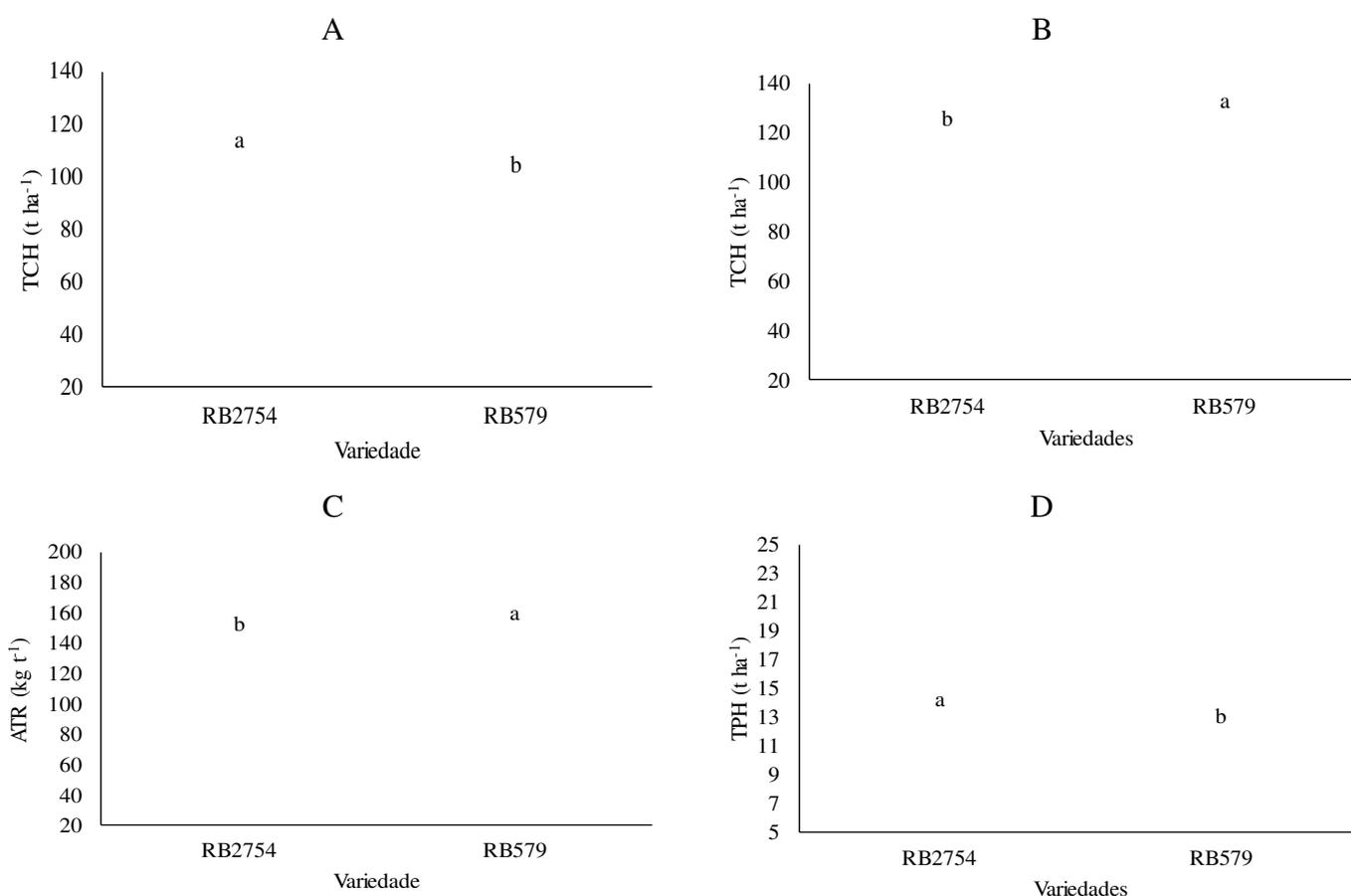
A produtividade de colmo ($TCH\ th^{-1}$) em função das variedades estudadas diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% para o ciclo cana planta (Figura 15A) e cana soca (Figura 15B). Para o ciclo cana planta verificar-se que a variedade RB002754 teve maior produtividade de colmo ($105,4\ th^{-1}$), já a variedade RB92579 obteve menor rendimento ($96\ th^{-1}$) (Figura 15A). Dessa maneira, corroboram com os resultados de Oliveira et al. (2010) que registraram produtividade de colmo aos 360 dias após o plantio de $97\ t\ ha^{-1}$ para a variedade RB92579.

No que diz respeito ao ciclo cana soca, o comportamento foi diferente do observado na cana planta, nota-se que a variedade RB92579 superou em produtividade média de colmos de ($124,6\ th^{-1}$) e a RB002754 ($117,6\ th^{-1}$) (Figura 15B). É importante ressaltar ainda, que

houve um aumento de 12, 2 tha^{-1} e 28,6 tha^{-1} quando se comparou as variedades RB002754 e RB92579 do ciclo cana planta com a soca, respectivamente.

Abreu et al. (2013), ao estudarem cana – de – açúcar nos tabuleiros costeiros de Alagoas, a a variedade de maturação média a tardia como RB92579, não apresentam altura e diâmetro superiores aos das demais variedades avaliadas, no entanto em seu estudo mostrou-se a mais produtiva em colmo (102 t ha^{-1}), semelhante ao que foi observado para o ciclo cana soca.

Quanto aos açúcares totais recuperáveis (ATR) em função das variedades estudadas foram observadas diferenças estatísticas significativas para o ciclo cana planta (Figura 15C). Verifica-se que a variedade RB92579 se destacou com maior teor médio de açúcar recuperável ($147,5 \text{ kg t}^{-1}$) e a RB002754 ($140,3 \text{ kg t}^{-1}$). Estes resultados estão próximos aos encontrados por Oliveira et al. (2012), Darli et al. (2008) e Silva et al. (2014) que obtiveram médias de ATR para a variedade RB855453 e SP891115 de ATR da ordem de 189,2; 138,8 e $145,3 \text{ kg t}^{-1}$, respectivamente.



E

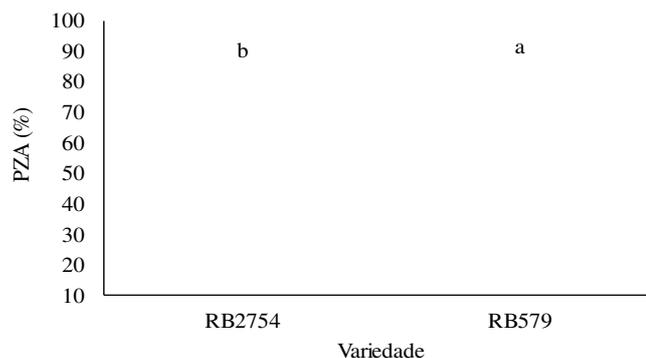


Figura 15. TCH de cana planta (A), soca (B), ATR (C), TPH cana soca (D) e PZA da cana planta (E) em função das variedades estudadas.

A produtividade de açúcar (TPH) em função das variedades estudadas diferiram estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey no ciclo cana soca (Figura 15D). A variedade RB002754 ($12,9 \text{ t ha}^{-1}$) alcançou maiores médias de TPH comparada a RB92579 ($11,7 \text{ t ha}^{-1}$) (Figura 15 B).

Abreu et al. (2013) observaram na cana soca menores rendimentos em TPH para a variedade RB92579, já a variedade RB867515 foi a que evidenciou os maiores valores de TCH para as condições de cultivo, resultado similar ao apresentado no presente estudo mesmo com variedades diferentes.

Quando se estudou a pureza do caldo (PZA) em função das variedades de cana – de – açúcar percebeu-se que a variedade RB92579 foi a que evidenciou maior pureza quando comparada a RB002754 para o ciclo cana planta (Figura 15E). Silva et al. (2014), para a variedade RB7515 obtiveram valores considerados médios de pureza do caldo (PZA), esta variável serve como indicador da quantidade de açúcares em relação aos sólidos solúveis do caldo e do estágio de maturação da cana – de – açúcar de 88,8%. Resultado similar ao obtido neste estudo mesmo com variedades diferentes, no entanto, inferiores aos apresentados pela variedade RB2454 foram obtidos por (DALRI et al., 2008).

O desdobramento da interação para o fator variedade dentro de cada lâmina de irrigação de cana – de – açúcar para açúcares totais recuperáveis (ATR) do ciclo cana planta encontra-se na (Figura 16A). Os dados se ajustaram ao modelo linear de regressão para a variedade RB92579 dentro das lâminas de irrigação, onde os valores ATR apresentaram uma tendência a crescer, conforme o aumento das lâminas de irrigação, o maior teor de ATR, em relação aos tratamentos estudados, se deu quando a RB92579 quando irrigada com 1324,06 mm, com valor de aproximadamente $151,9 \text{ kg t}^{-1}$ (Figura 16A). Esses resultados reafirmam os obtidos

por de Farias et al. (2009), que registraram obtiveram os máximos rendimentos em ATR quando utilizaram a lâmina de 100% (1026,57 mm).

Quando se estudou a variedade RB002754 dentro de cada lâmina de irrigação o modelo matemático que melhor se adequou foi o quadrático, observa-se que no tratamento que envolveu a variedade RB002754 e a lâmina de irrigação 756,2 mm, os açúcares totais recuperáveis foi aproximadamente 148,6 kg t⁻¹, representando uma diferença de 12,8 kg t⁻¹, quando comparada com a cana irrigada com 1324,06 mm (Figura 16A).

A partir deste valor, o teor de açúcares recuperáveis foi reduzido, devido à maior quantidade de água que está disponível para a cultura (Figura 16A). Corroborando com a afirmação de Vieira et al. (2012), que obteve na lâmina de 1617,7 mm, um valor de ATR de 141,3 kg t⁻¹, os autores ainda afirmam que a partir deste ponto o teor de sacarose costuma ser afetado negativamente pelo excesso de água no estágio de maturação.

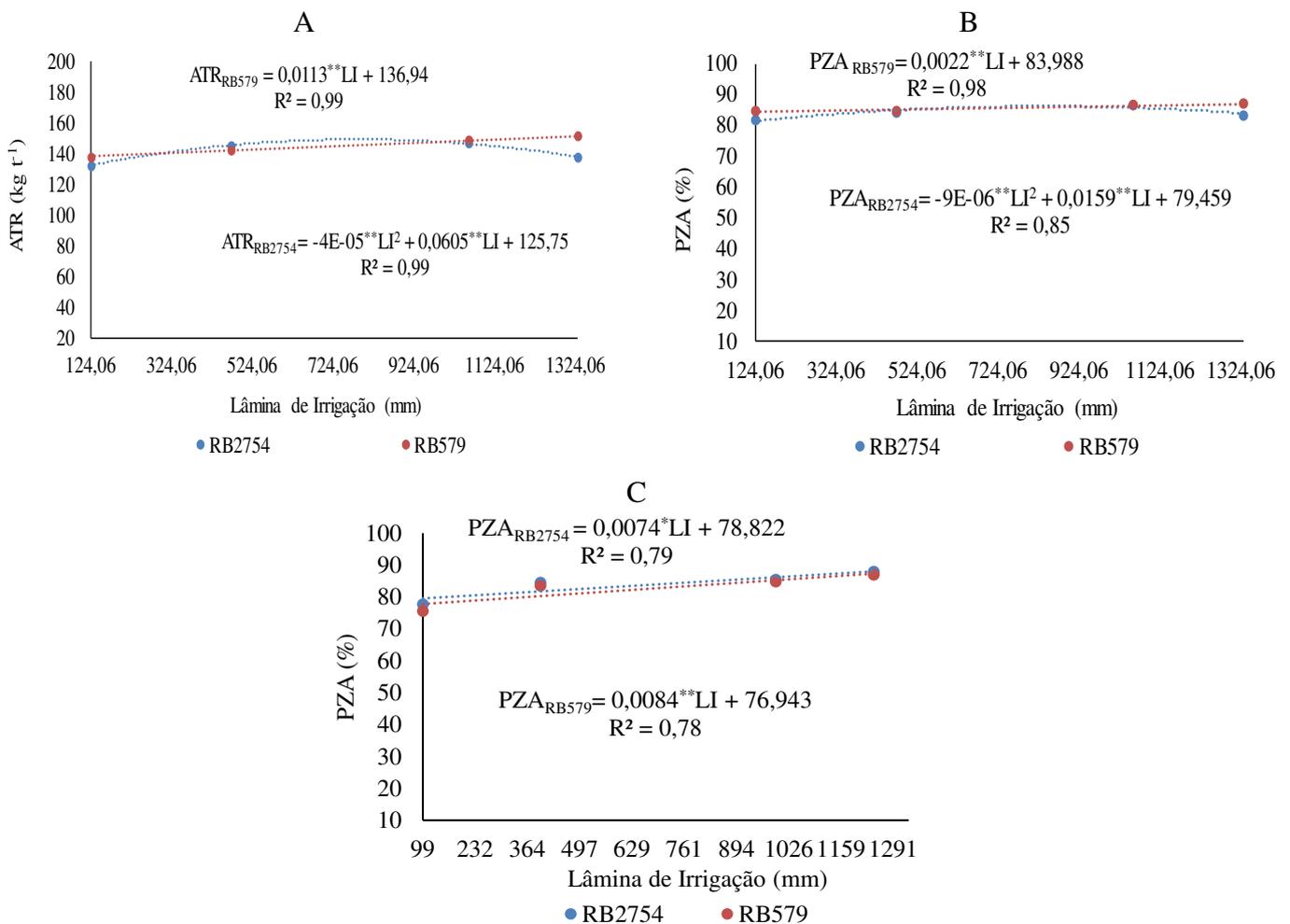


Figura 16. Desdobramento da variedade dentro de cada lâminas de irrigação de cana – de – açúcar para açúcares totais recuperáveis cana planta (A), pureza do caldo da cana planta (B), cana soca (C) ao final do ciclo de cultivo.

Evidencia-se ainda que a variedade RB92579 dentro de cada lâmina de irrigação obteve rendimentos em ATR superiores a RB002754 em praticamente todas as lâminas de irrigação estudadas, exceto na lâmina de 473,67mm (Figura 16A). Estes valores são similares aos encontrados por Campos et al. (2014) estudando as variedades CTC9, CTC11, IAC87-3396, IAC91-1099 e SP86-0042 que obtiveram valores de ATR que variaram de 106,14 a 146,12 kg t⁻¹ entre as variedades.

Observa-se a curva de regressão com ajuste quadrático para a relação pureza do caldo (PZA) quando se desdobrou a variedade RB002754 dentro de cada lâmina de irrigação no ciclo cana planta (Figura 16B). Tal regressão apresenta uma resposta quadrática com médio coeficiente de determinação. Percebe-se que para a lâmina de 124,06 mm houve menor valor de pureza, mas o aumento da pureza ocorre, à medida que aumenta a lâmina de irrigação, até o ponto de inflexão da curva na lâmina de 883,3 mm para aproximadamente 86,5% de pureza, em seguida ocorre redução na porcentagem de pureza com o aumento da lâmina de irrigação, sendo que para a lâmina 1324,06 mm, tem se o valor aproximado de 84,7 % PZA (Figura 16B). Concordando com os resultados de Carvalho et al. (2008), que observaram aumento da pureza do caldo com o aumento da lâmina até um ponto ótimo (290 mm), seguido de um decréscimo.

O desdobramento da interação da variedade RB92579 dentro de cada lâmina de irrigação evidencia ajuste linear, sendo que a medida que se elevou a lâmina de irrigação houve um incremento na pureza do caldo (Figura 16B) no ciclo cana planta. A maior pureza de caldo para a variedade RB92579 foi obtida na maior lâmina de irrigação estudada (1324,06 mm), quando se comparou com a menor lâmina (124,06 mm), a PZA aumentou 2,7% (Figura 16B).

Dalri et al. (2008), estudando a frequência de irrigação por gotejamento subsuperficial no desenvolvimento da cana – de – açúcar , no primeiro ciclo de cultivo, não observaram efeito da lâmina de irrigação sobre as variedades estudadas para a variável pureza do caldo, contudo constataram uma variação entre a maior e a menor lâmina utilizada de 88,66% a 93,51%.

A pureza do caldo (PZA) é conhecida por ser a variável que indica o teor de sacarose no caldo, deste modo é diretamente relacionada com o grau de maturação da cana – de – açúcar, assim, quanto mais madura a cana, maior será a pureza, pois terá maior acúmulo de sacarose, visto que com a deterioração e envelhecimento da cana – de – açúcar , a pureza tende a diminuir ocasionando um aumento na cor do açúcar, o ideal é obter pureza superior a

80% no período de colheita (CAMPOS et al., 2014; DAROS et al., 2015; SILVA et al., 2014; CONSECANA, 2006).

Quando se analisou o ciclo cana soca observou-se efeito significativo para a interação variedade dentro de cada lâmina de irrigação para a variável pureza do caldo (Figura 16C). Observa-se que tanto a variedade RB002754 quanto a RB92579 tiveram o mesmo comportamento no ciclo cana soca, com incremento positivo à medida que se aumentou a lâmina de irrigação, sendo que o máximo rendimento para ambas as variedades foi obtido na lâmina de 1242,3 mm, com máximo rendimento de PZA de 88,0 e 87,3%, respectivamente (Figura 16C). Estes valores estão dentro dos padrões estabelecidos pelas normas da Consecana (2006), as quais relatam que as unidades industriais só podem recusar o recebimento de carregamentos de cana – de – açúcar se os mesmos estiverem com pureza de caldo abaixo de 75%.

O teor de fibra da cana planta em função dos níveis de nitrogênio aplicado ao solo no final do ciclo de cultivo, teve ajuste linear (Figura 17A). Nota-se que a medida que se aumentou o nível de nitrogênio aplicado houve um decréscimo no teor de fibra, com diferença de 5% entre o primeiro e o último nível de nitrogênio aplicado ao solo. Isto indica que o aumento no nível de nitrogênio aplicado ao solo afeta negativamente o teor de fibra da cana planta, sendo que o menor teor de fibra foi obtido com 200 kg ha⁻¹ de N, correspondendo a 11,74% de fibra (Figura 17A). Ressalta-se também que menores teores de fibras resultam em cana – de – açúcar com menos dureza, o que é interessante para os produtores de cachaça de alambique, pelo maior volume de caldo (Oliveira et al. 2009). No entanto, Prado et al. (2017) afirmam que o teor de fibra se constitui matéria de grande importância na indústria canavieira sobre o aspecto agrícola, neste sentido, as variedades mais ricas em fibra têm maior resistência ao tombamento mesmo quando submetida à despalha e geralmente são mais resistentes a penetração de pragas no colmo.

A

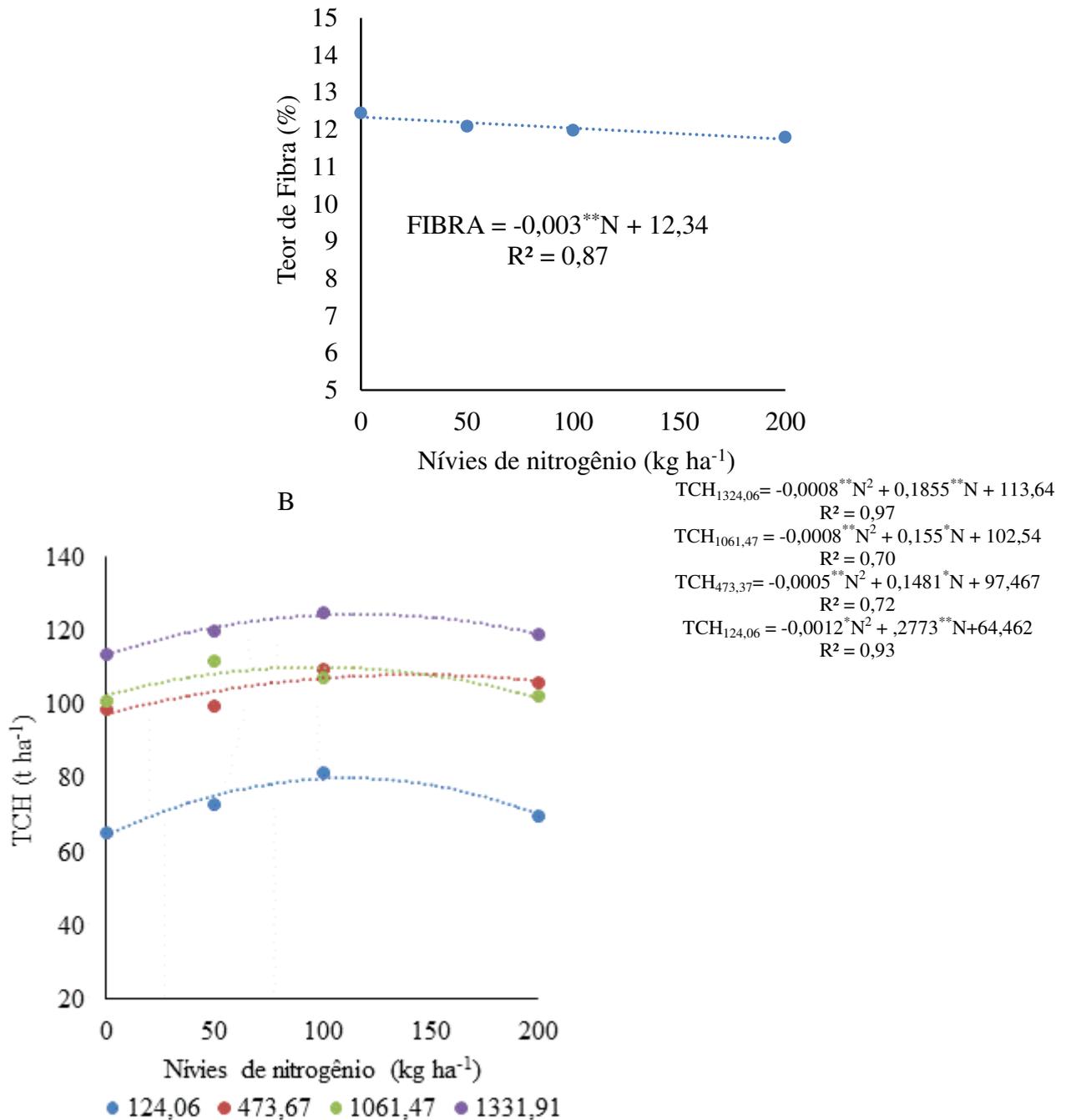


Figura 17. Teor de fibras em função dos níveis de nitrogênio (A) e desdobramento dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação para TCH de cana planta (B) ao final do ciclo de cultivo.

Oliveira et al. (2009) relatam que teor de fibra na cana inferior a 10,5% é indesejável por causa do balanço energético nas usinas e alambiques, uma vez que é necessário queimar mais bagaço para manter o poder calorífico nas caldeiras. O teor de fibra é importante para a manutenção energética das indústrias que processam a cana – de – açúcar , com o teor médio de fibra ideal de 10,5 a 12,5%.

O desdobramento para os fatores níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação evidenciou significância para a variável produtividade de colmo ($TCH\text{ tha}^{-1}$) (Figura 17B). Nota-se que o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático para todas as lâminas estudadas, sendo o ponto de máxima produtividade de colmo para o ciclo cana planta obtido com os níveis de 115,5; 148,1; 96,8 e 115,9 kg ha^{-1} de N, que corresponde ao 80,4; 108, 4; 110,0 e 124,4 t ha^{-1} em produtividade de colmo, respectivamente para as lâminas de 124,06; 473,67; 1061,47 e 1324,06 mm (Figura 17B).

Vitti et al. (2007) relatam que a adubação nitrogenada em doses crescentes até 175 kg ha^{-1} resulta em aumento linear na produtividade de colmos, resultado bem próximo ao que foi observado para a interação níveis de nitrogênio versus lâmina de irrigação para o nível de 148,1 kg ha^{-1} de N na lâmina de 473,67mm. É possível notar ainda, de acordo com as equações de regressão, que a produtividade de colmo aumentou a medida que se elevou a lâmina de irrigação em todos os níveis de nitrogênio aplicados ao solo até certo ponto, a partir do qual iniciou-se o decréscimo em produtividade de colmo por hectare (Figura 17B).

Andrade Junior et al. (2012) afirmam que quando foi aplicada a adubação nitrogenada na cana – de – açúcar, a produtividade foi 49% superior a cana produzida sem aplicação de adubação, observando incremento positivo à medida que se aumentou a dose de nitrogênio aplicada, fato que corrobora em parte com o obtido no presente estudo.

5.3. Exportação de nutrientes em cana – de – açúcar

O resumo da análise de variância para a quantidade de nutrientes retirada do solo pela planta, ou seja, a exportação de nutrientes para o ciclo cana planta e cana soca ao final do ciclo de cultivo encontra -se na Tabela 15. A lâmina de irrigação influenciou ao nível de 1 e 0,1% de probabilidade os macronutrientes P, K, Ca, Mg e S para o ciclo cana planta, não foi verificado efeito para o ciclo cana soca.

O macronutriente nitrogênio (N) foi influenciado pelo fator variedade ao nível de 0,1% apenas para no ciclo cana planta, o fósforo ao nível de 5 e 1% de probabilidade no ciclo cana planta e soca, respectivamente; o potássio, cálcio, magnésio e enxofre foram influenciados pelo fator variedade ao nível de 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F apenas para o ciclo cana soca (Tabela 15).

O fator isolado níveis de nitrogênio influenciou de forma significativa ao nível de 1 e 5%, respectivamente, os macronutrientes fósforo e magnésio no ciclo cana soca. Não houve

efeito de interação entre os fatores estudados em nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 15).

Quanto à exportação de nutrientes, a ordem decrescente observada foi de K>Ca>N>S>Mg>P para o ciclo cana planta e soca. O potássio foi o nutriente mais exportado em ambos os ciclos, porém no ciclo cana soca obteve-se menor média de extração (Tabela 15). Os elevados valores observados para exportação de K evidenciam que a absorção deste nutriente é fator determinante na produção de cana – de – açúcar . Segundo Ernani et al. (2007), o K tem inúmeras funções na planta, destacando-se, principalmente, a ativação de vários sistemas enzimáticos, muitos deles participantes dos processos de fotossíntese e respiração.

Resultados similares foram obtidos por Silviano et al. (2017) e Oliveira et al. (2010) para a variedade RB92579, a mesma deste estudo que obtiveram ordem de exportação para os macronutrientes de K>N>S>Ca>P>Mg para o ciclo cana planta. Estes autores relatam ainda que o K foi o nutriente mais exportado, 87 % do total absorvido, enquanto o Ca apresentou a menor taxa de exportação (44%).

Tabela 15. Resumo da análise de variância para exportação de nutrientes na cana planta e soca ao final do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	G L	Quadrado médio											
		N(kg.ha ⁻¹)		P(kg.ha ⁻¹)		K(kg.ha ⁻¹)		Ca(kg.ha ⁻¹)		Mg(kg.ha ⁻¹)		S(kg.ha ⁻¹)	
		Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca
Bloco	3	2653	2322	49	687	13326 6	12320 2	4479	76465	58	1308	877	3405
Lâmina (L)	3	1901 ^{ns}	6125 ^{ns}	213 ^{**}	591 ^{ns}	14772 2 ^{**}	30324 ns	19343 ***	15289 ns	1245 ^{**} *	394 ^{ns}	2661 ^{**} *	486 ^{ns}
Erro 1	9	944	3510	27	216	13378	20974	991	5730	61	173	176	359
Variedade (V)	1	49657 ***	1923 ^{ns}	472 [*]	1633 ^{**}	13800 ns	30631 6 ^{**}	51 ^{ns}	46120 **	295 ^{ns}	7144 ^{**} *	0,4 ^{ns}	12465 ***
V*L	3	2494 ^{ns}	1500 ^{ns}	34 ^{ns}	91 ^{ns}	17261 ns	19575 ns	728 ^{ns}	4323 ^{ns}	1229 ^{ns}	189 ^{ns}	252 ^{ns}	262 ^{ns}
Erro 2	12	1469	3913	69	95	50226	21647	2468	4851	212	180	552	447
Níveis de Nitrogênio (N)	3	2782 ^{ns}	2946 ^{ns}	143 ^{ns}	471 ^{**}	8084 ^{ns}	5850 ^{ns}	457 ^{ns}	4081 ^{ns}	65 ^{ns}	845 [*]	206 ^{ns}	333 ^{ns}
N*L	9	1051 ^{ns}	1775 ^{ns}	58 ^{ns}	137 ^{ns}	20995 ns	25149 ns	741 ^{ns}	3835 ^{ns}	70 ^{ns}	229 ^{ns}	249 ^{ns}	152 ^{ns}
N*V	3	1662 ^{ns}	562 ^{ns}	14 ^{ns}	39 ^{ns}	4960 ^{ns}	16647 ns	2788 ^{ns}	473 ^{ns}	48 ^{ns}	81 ^{ns}	309 ^{ns}	212 ^{ns}
N*L*V	9	643 ^{ns}	3939 ^{ns}	46 ^{ns}	196 ^{ns}	11931 ns	34858 ns	965 ^{ns}	6248 ^{ns}	137 ^{ns}	207 ^{ns}	281 ^{ns}	413 ^{ns}
Erro 3	72	1324	2991,5	63,0	103,4	22548	24430	1467	5452	123	278	316	408
Média Geral	-	137,5	189,4	22,4	41,9	640,8	538,8	152,3	325,2	45,6	63,7	78,4	75,8
CV 1(%)	-	22,3	31,3	23,2	35,2	18	26,9	20,7	23,3	17,2	20,6	6,9	25,0
CV 2(%)	-	27,9	33,0	37,01	23,3	35	27,3	32,6	21,4	31,9	21,1	30	27,9
CV 3(%)	-	26,5	28,9	35,4	24,3	23,4	29,0	25,1	22,7	24,3	26,2	22,7	26,7

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

A exportação de nutrientes no ciclo cana planta em função das lâminas de irrigação obteve ajuste linear para o P; K; Ca; Mg e S (Figura 18). Verifica-se que a medida que se aumentou a lâmina de irrigação houve ganho positivo na exportação dos nutrientes, sendo que a lâmina de 1324,06 mm foi a que evidenciou máximo rendimento em exportação, correspondendo a 24,9; 701,5; 177,6; 51,7 e 87,3 kg ha⁻¹, respectivamente para P, K, Ca, Mg e S (Figura 18). A exportação de nutrientes diz respeito aos nutrientes efetivamente retirados pela planta, ou seja, que não retornarão ao solo. Oliveira (2008), pesquisando a dinâmica de nutrientes em cana – de – açúcar em sistema irrigado de produção com a mesma variedade deste estudo verificou a exportação de 152,33 kg ha⁻¹ de N e 18,4 kg ha⁻¹ de P.

O fato do nutriente Ca possuir elevada exportação pode estar associado a baixa mobilidade do Ca no floema o que desfavorece sua redistribuição na planta, propiciando seu acúmulo no colmo, elevando, conseqüentemente, sua exportação na colheita da cana – de – açúcar (MAATHUIS, 2009). A grande quantidade exportada de Ca e S pela planta se deve em especial a aplicação do gesso agrícola para correção do solo, pois quando aplicado ao solo, reage com a água de irrigação e libera os íons Ca²⁺ e SO₄²⁻, além do conteúdo de matéria orgânica presente na análise do solo ser considerado propício para promoção deste nutriente.

Aquino et al. (2012) afirmam que a irrigação aumentou o conteúdo de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B, na parte aérea tal como, também, sua exportação pela colheita em algodoeiro, resultado que se assemelha ao obtido neste estudo.

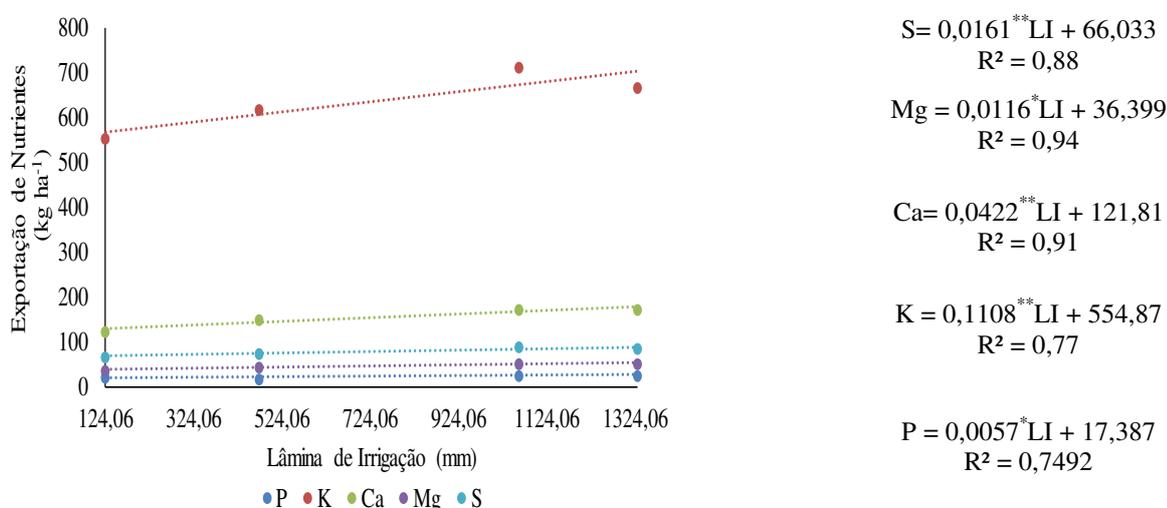


Figura 18. Exportação de nutrientes do ciclo cana planta em função da lâmina de irrigação ao final do ciclo de cultivo.

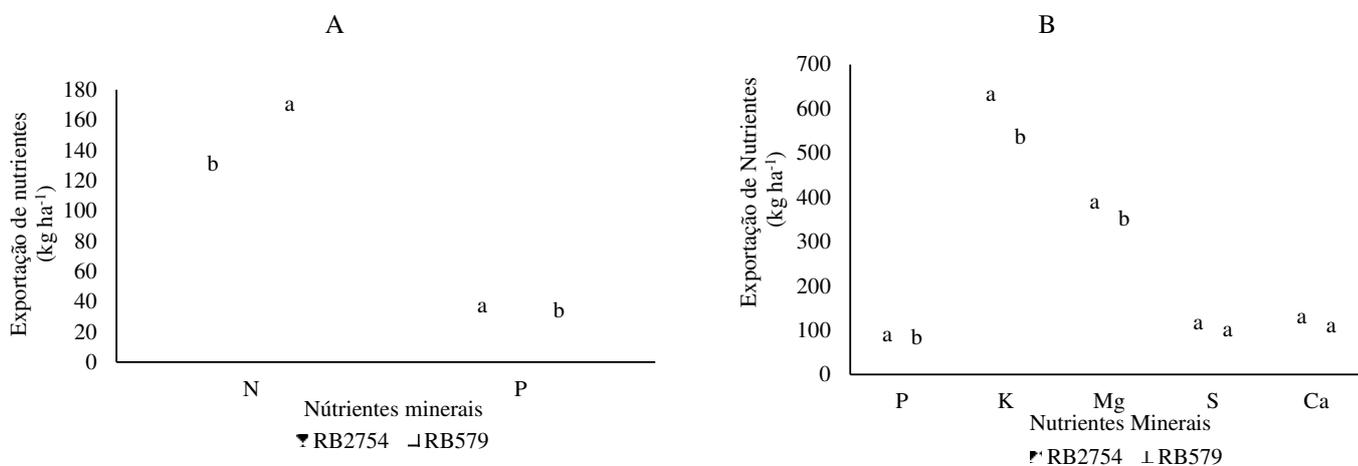
Para cada 100 t ha⁻¹ de colmos, são exportados cerca de 150 kg ha⁻¹ de K₂O (MALAVOLTA, 2006), embora em solos com teores elevados de K, a exportação pelos colmos possa atingir 285 kg ha⁻¹ de K₂O (FRANCO et al., 2008). Valores inferiores aos obtidos neste estudo para a exportação de potássio, fato possivelmente atrelado a aplicação de

vinhaça na área experimental, o que pode ter contribuído para o aumento da disponibilidade deste nutriente no solo e consequentemente, sua maior exportação pelos colmos.

Houve diferença estatística significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey para exportação de nutrientes da cana planta e soca em função das variedades estudadas RB002754 e RB92579 (Figura 19A e B). No ciclo cana planta para a exportação de nitrogênio (N) a variedade RB92579 obteve maior exportação com cerca de 157,2 kg ha⁻¹ quando comparada à RB002754 que obteve 117,8 kg ha⁻¹. Já para o fósforo (P) a RB002754 obteve maior média (24,4 kg ha⁻¹) e a RB92579 (20,5 kg ha⁻¹) para o ciclo cana planta (Figura 19 A).

Quando se avaliou o ciclo cana soca observou-se que houve efeito significativo para a exportação de P; K; Ca; Mg e S, vê-se ainda que a variedade RB002754 se sobressaiu em relação a RB92579 em todos os macronutrientes. A variedade RB002754 obteve médias de 45,5; 587,8; 85,7; 344,2 e 71,3 contra 38,3; 490,0; 65,9; 306,3 e 56,3 da RB92579, respectivamente para P; K; Ca; Mg e S (Figura 19B). Oliveira et al. (2010) obtiveram médias de exportação para a variedade RB92579 de 152; 18,4; 97; 266 e 66 kg ha⁻¹, respectivamente para N; P; K, Ca e Mg. Valores inferiores aos obtidos no presente estudo, o que pode estar atrelado ao manejo de fertilidade diferenciado utilizado neste estudo.

A acumulação dos nutrientes em partes exportáveis da planta, ou seja, aquelas que não retornaram ao solo, especificamente o colmo da cana – de – açúcar permite estimar a quantidade de nutrientes extraído pela planta, o qual será necessário repor para suprir uma necessidade para o próximo ciclo.



C

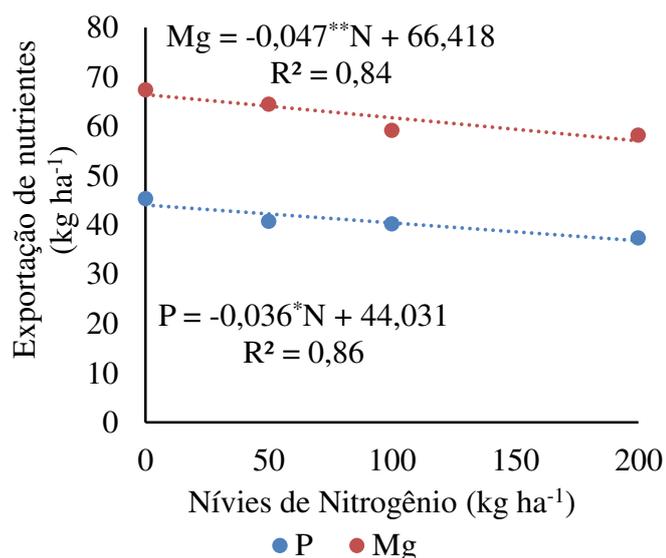


Figura 19. Exportação de nutrientes do ciclo cana planta (A) e da cana soca (B) em função das variedades de cana - de - açúcar e (C) em função dos níveis de nitrogênio estudados do ciclo cana soca.

Para a exportação de nutrientes, houve efeito significativo dos níveis de nitrogênio para os macronutrientes fósforo e magnésio no ciclo cana soca (Figura 19C), o modelo que melhor se ajustou aos dois macronutrientes foi o linear, observa-se que a partir de 0 kg ha⁻¹ de N, o P (44,0 kg ha⁻¹) e Mg (66,4 kg ha⁻¹) começaram a decrescer, sendo o decréscimo por incremento de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio de 2,0 e 2,35 kg ha⁻¹ para a exportação de P e Mg e a diferença entre o maior e o menor nível de nitrogênio estudado de 16,0 e 14,2% respectivamente. Corroborando com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2011) que perceberam para o ciclo cana planta efeito significativo da adubação nitrogenada sobre a exportação de fósforo.

Schultz et al. (2010) não verificaram efeito da adubação ao estudarem o efeito residual da adubação na cana planta soca colhidas com e sem a queima da palhada, com média para fósforo de 18 kg há⁻¹ na cana crua e 16 kg ha⁻¹ na cana queimada. Resultados que diferem dos obtidos no presente estudo, uma vez que neste trabalho as médias foram bem superiores para exportação de nutrientes, provavelmente, por causa do fornecimento nutricional adequado à cultura.

5.4. Exigências de nutrientes em cana - de - açúcar

O resumo da análise de variância para a exigência de nutrientes do ciclo cana planta e cana soca encontram-se na Tabela 16. Houve efeito significativo da lâmina de irrigação para a variável exigência de nutriente do nitrogênio para o ciclo cana planta e soca ao nível de 5 e

1% de probabilidade. Já para o fosforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre observou-se efeito expressivo da lâmina de irrigação apenas para o ciclo cana soca ao nível de 0,1% pelo teste F (Tabela 16).

As variedades diferiram na exigência de macronutriente nutrientes, pois nota-se que para o nitrogênio houve efeito significativo ao nível de 0,1 e 1% pelo teste F, para o ciclo cana planta e soca, respectivamente. Já para a variável fosforo evidencia-se que houve efeito significativo do fator isolado variedade, apenas no ciclo cana soca. Os nutrientes potássio e cálcio apresentaram resultados semelhantes para o ciclo cana planta e soca, assim como o magnésio e o enxofre (Tabela 16). Resultados condizentes com estes foram obtidos por Oliveira et al. (2010) que verificaram diferenças relevantes entre as variedades estudadas para a extração de macronutrientes ao nível de ($p < 0,01$) pelo teste F.

Ao analisar a interação entre os fatores variedade versus lâmina de irrigação foi possível observar efeito significativo ao nível de ($p < 0,001$) pelo teste F em todos os macronutrientes estudados para o ciclo cana soca (Tabela 16). O fator isolado níveis de nitrogênio evidenciou efeito considerável ao nível de ($p < 0,001$) pelo teste F para os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S para a cana soca. Para a cana planta observou-se efeito significativo apenas para o macronutriente fosforo ao nível de ($p < 0,05$) pelo teste F (Tabela 16).

Tabela 16. Resumo da análise de variância para exigências de nutrientes na cana planta e soca ao final do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	G	Quadrado médio											
		N(kg t ⁻¹)		P(kg t ⁻¹)		K(kg t ⁻¹)		Ca(kg t ⁻¹)		Mg(kg t ⁻¹)		S(kg t ⁻¹)	
		Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Can a Plan ta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca
Bloco	3	0,92	0,92	0,007	0,06	16,6	7,3	0,66	10,68	0,02	0,11	0,10	0,33
Lâmina (L)	3	1,93*	25,02*	0,021 _{ns}	1,34**	19,7 _{ns}	165,09***	0,37 _{ns}	104,66***	0,04 _{ns}	3,27*	0,28 _{ns}	5,62**
Erro 1	9	0,31	1,82	0,008	0,05	5,6	5,16	0,30	3,43	0,03	0,15	0,09	0,22
Variedade (V)	1	8,83 _{ns}	31,76*	0,11 _{ns}	2,93**	21,5*	442,75***	0,71*	194,53***	0,03 _{ns}	8,43**	0,14 _{ns}	13,80**
V*L	3	0,12 _{ns}	26,87**	0,04 _{ns}	1,36**	0,8 _{ns}	191,88***	0,03 _{ns}	113,93***	0,01 _{ns}	3,49**	0,01 _{ns}	6,02**
Erro 2	12	0,13	1,97	0,05	0,04	3,2	2,87	0,13	4,10	0,01	0,15	0,03	0,22
Níveis de Nitrogênio (N)	3	0,24 _{ns}	33,40 ⁿ _s	0,01*	1,18 _{ns}	0,2 _{ns}	225,14 _{ns}	0,07 _{ns}	114,79 _{ns}	0,01 _{ns}	3,21 _{ns}	0,01 _{ns}	5,61 _{ns}
N*L	9	0,35 _{ns}	27,67 ⁿ _s	0,05 _{ns}	1,51 _{ns}	3,7 _{ns}	192,43 _{ns}	0,17 _{ns}	124,25 _{ns}	0,01 _{ns}	3,86 _{ns}	0,06 _{ns}	6,46 _{ns}
N*V	3	0,22 _{ns}	30,59 ⁿ _s	0,03 _{ns}	1,44 _{ns}	1,3 _{ns}	239,74 _{ns}	0,24 _{ns}	128,46 _{ns}	0,05 _{ns}	3,92 _{ns}	0,02 _{ns}	6,59 _{ns}
N*L*V	9	0,07 _{ns}	29,13 ⁿ _s	0,05 _{ns}	1,52 _{ns}	1,5 _{ns}	203,84 _{ns}	0,13 _{ns}	123,87 _{ns}	0,01 _{ns}	3,85 _{ns}	0,02 _{ns}	6,46 _{ns}
Erro 3	72	0,17	1,46	0,06	0,03	2,7	2,72	0,19	3,06	0,01	0,13	0,03	0,18
Média Geral	-	1,44	2,1	0,23	0,46	6,6	5,98	1,56	3,75	0,46	0,72	0,80	0,87
CV 1(%)	-	38,7	63,3	40,4	49,4	36	38,0	35,3	48,7	40,3	54,7	37,3	53,9
CV 2(%)	-	25,0	65,9	32,1	45,0	27,1	28,3	23,8	53,9	28,0	55,1	23,3	54,6
CV 3(%)	-	28,6	56,9	33,8	37,3	24,9	27,6	28,1	46,6	26,2	51,3	23,8	48,9

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

A ordem decrescente de exigências nutricionais para cana planta e soca foi $K > Ca > N > S > Mg > P$ (Tabela 16). Nota-se que o macronutriente cálcio está em maior ordem de exigência quando comparado ao nitrogênio, este fato pode ser um indicativo de que quanto mais úmido estiver o solo mais propício a sua absorção pelas plantas quando comparado ao nitrogênio. Salviano et al. (2017) obtiveram ordem decrescente $K > N > Ca > S > P > Mg$ de exigência dos macronutrientes. Já Oliveira et al. (2011), em estudos com a mesma variedade (RB92579), observaram a seguinte ordem de extração $K > Ca > N > Mg > P$, corroborando com este estudo.

A exigência nutricional para o elemento nitrogênio em função da lâmina de irrigação ao final do ciclo de cultivo da cana planta encontra-se na (Figura 20A), é possível observar que a medida que se elevou a lâmina de irrigação houve um decréscimo na quantidade de N exigida por tonelada de cana produzida, sendo a máxima exigência na lâmina de 124,06mm (1,67 kg t⁻¹ de colmo produzido) e a menor na lâmina de 1324,06 mm (1,19 kg t⁻¹), correspondendo a uma diferença de 28,6% na exigência do N (Figura 20A). Divergindo dos encontrados por Leal et al. (2009) que relatam ter incremento positivo na exigência de nutrientes com o aumento da lâmina de irrigação com água de reuso até 200% da ETc em cana – de – açúcar. Franco et al. (2008) afirmam que a cana – de – açúcar quando em sistema de sequeiro, apresenta exigências nutricionais para o elemento nitrogênio cerca de metade da exigência observada em sistema irrigado.

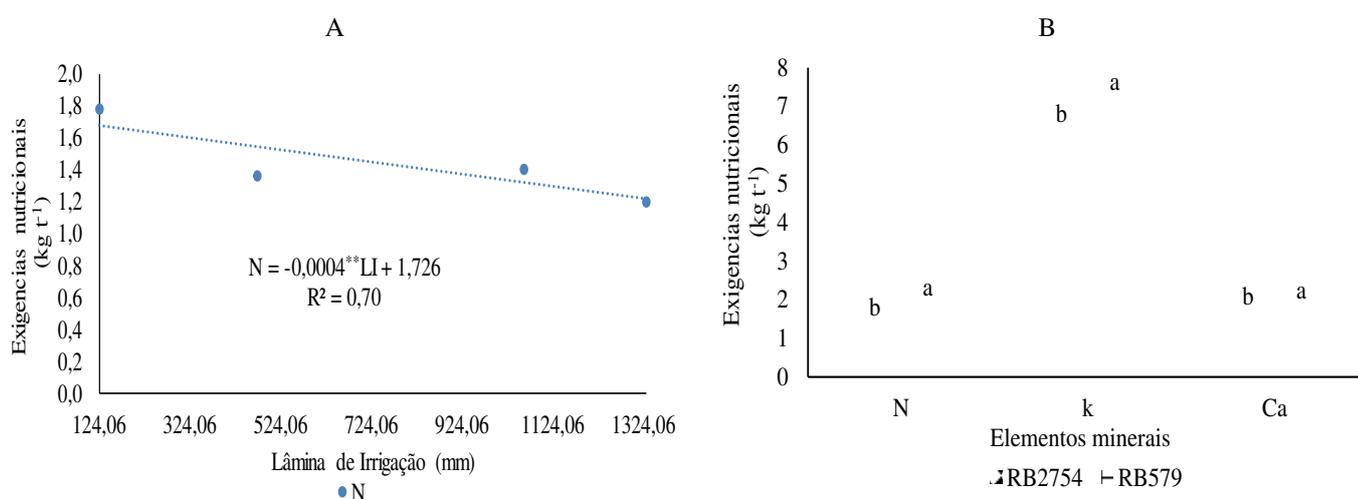


Figura 20. Exigências Nutricionais em função da lâmina de irrigação(A) e dos elementos minerais (B) da cana planta.

Quando se estudou as exigências de nutrientes em função das variedades para o ciclo cana planta (Figura 20B) verificou-se que houve diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o N, K e Ca, na variedade RB92579 (1,7; 7,0 e 1,6 kg t⁻¹ de colmo produzido) que obteve médias relativas superiores a RB002754 (1,1; 6,2 e 1,4 kg t⁻¹ de colmo

produzido), respectivamente, para os macronutrientes nitrogênio, potássio e cálcio (Figura 20B).

Resultados similares para exigências nutricionais foram obtidos por Almeida Junior et al. (2011) para a variedade RB92579, a qual evidenciaram maiores exigências nutricionais para a cana – de – açúcar. Leal et al. (2009) concluíram que a variedade RB72454 obteve valores médios de exigências de N de $2,4 \text{ kg t}^{-1}$ quando irrigada com água residuárias, no entanto está elevada exigência neste macronutriente quando comparada à obtida neste estudo, pode estar associada ao tipo de solo, variedades e condições climáticas da região em que desenvolveu a pesquisa.

O desdobramento da interação das variedades dentro de cada lâmina de irrigação no ciclo cana soca para a exigência nutricional de N, P, K, Ca, Mg e S encontram-se na (Figura 21). Houve ajuste linear para as variedades estudadas dentro das lâminas de irrigação, é possível verificar que para a variedade RB002754 o incremento foi positivo, no entanto para a RB92579 observou-se decréscimo em função das lâminas de irrigação.

Para a exigência do nitrogênio nota-se que a variedade RB002754 obteve máxima exigência em N na lâmina de 1242,3 mm ($3,89 \text{ kg t}^{-1}$), já a variedade RB92579 teve ponto de máximo rendimento na lâmina de 99,4mm ($2,08 \text{ kg t}^{-1}$) (Figura 21A). Oliveira et al. (2010) obtiveram maior exigência de nitrogênio para as variedades RB867515 e RB92579 sob irrigação plena, correspondendo a $1,27$ e $1,02 \text{ kg t}^{-1}$, valores estes bem inferiores aos obtidos no presente estudo, representando uma diferença de cerca de 2,4 e 1,06 vezes a menos que neste estudo.

De acordo com Malavolta et al. (1997) e Rosetto et al. (2008), o nitrogênio possui papel relevante para a cana – de – açúcar em razão de ser um constituinte dos aminoácidos, proteínas, enzimas e ácidos nucléicos, além de ser um dos nutrientes mais exigidos pela planta, atrás apenas de elementos como potássio e cálcio.

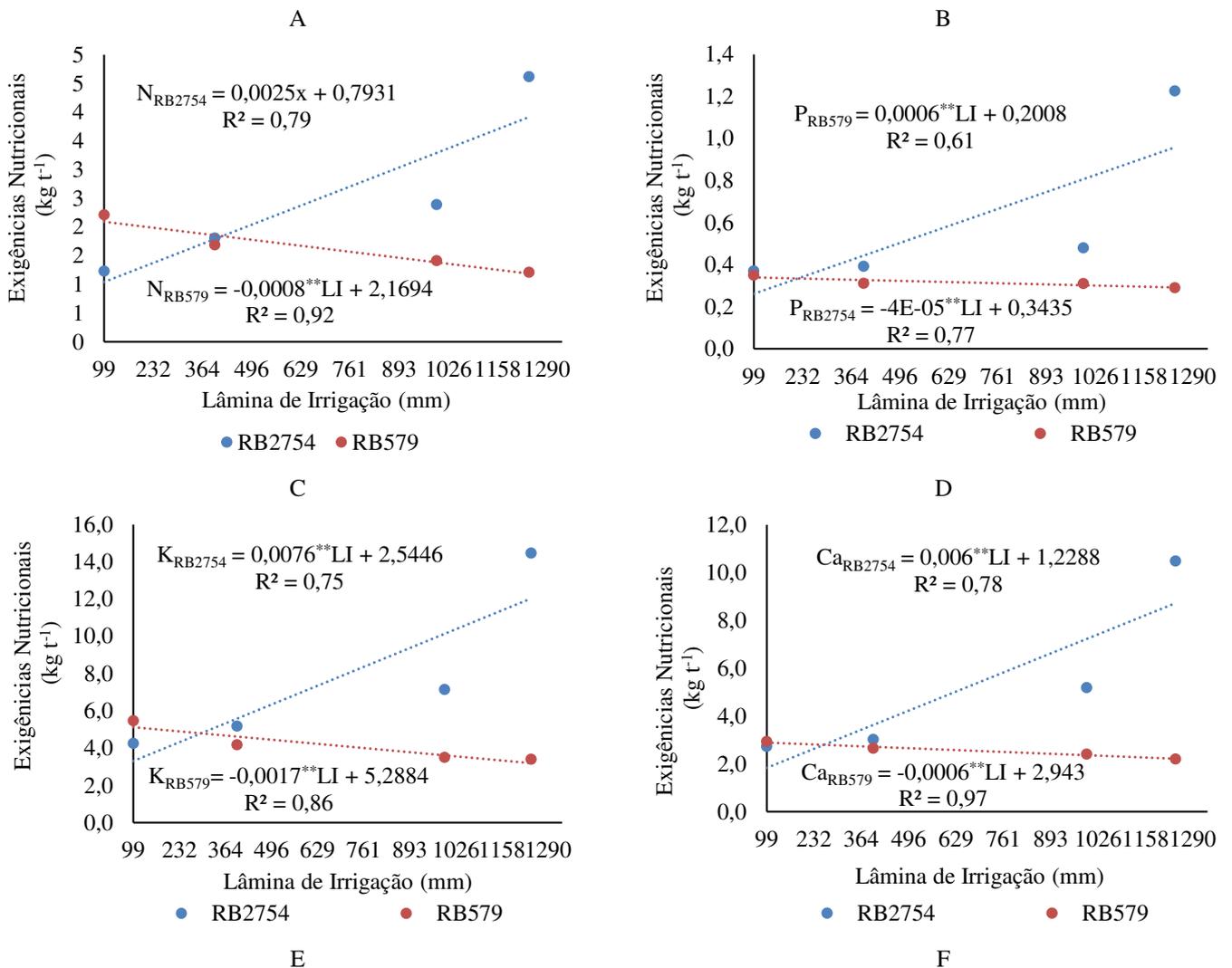
Quanto à exigência de N da cana - de – açúcar, Silva (2011), constatou-se que o variedade RB935513 exigiu mais N ($1,33 \text{ kg t}^{-1}$) do que os demais cultivares, sendo que as menores exigências de N foram obtidas pelos cultivares RB92579, RB867515, RB93509 e SP791011, apresentando valores na faixa de $1,04$ a $1,07 \text{ kg t}^{-1}$ de colmo produzido.

Para a exigência nutricional em fósforo observa-se comportamento similar ao obtido para o nitrogênio, verifica-se para a variedade RB002754 aumento na exigência à medida que se aumentou a lâmina de irrigação da ordem de $0,86 \text{ kg t}^{-1}$, quando se elevou a lâmina de 99,4 para 1242, mm (Figura 21 B). Em contrapartida, a variedade RB92579 obteve decréscimo

com o acréscimo das lâminas de irrigação sendo o máximo rendimento obtido com 99,4 mm ($0,34 \text{ kg t}^{-1}$) e o menor na lâmina de 1242,3mm ($0,29 \text{ kg t}^{-1}$ de colmo produzido) (Figura 21).

Estas exigências nutricionais para fósforo estão superiores as constatadas por Oliveira et al. (2010) que verificaram para a variedade RB92579 média de $0,10 \text{ kg t}^{-1}$ de colmo produzida sob irrigação plena, com máximas exigências observadas para a variedade RB813804 ($0,17 \text{ kg t}^{-1}$ de colmo produzido). Já Franco et al. (2008) relatam exigências nutricionais para produzir uma tonelada de colmo por hectare (TCH) máxima de $1,17 \text{ kg t}^{-1}$ de colmo produzido, dados estes bem superiores aos obtidos no presente estudo.

A baixa exigência nutricional de fósforo quando comparada aos demais nutrientes pela cana – de – açúcar, sugerem uma maior aplicação deste elemento por ocasião do plantio, visando suprir a demanda nutricional da cana planta e soca, em função do maior efeito residual dos adubos utilizados como fonte de fosforo, baixa mobilidade, além da baixa extração deste elemento (MOURA FILHO et al., 2014).



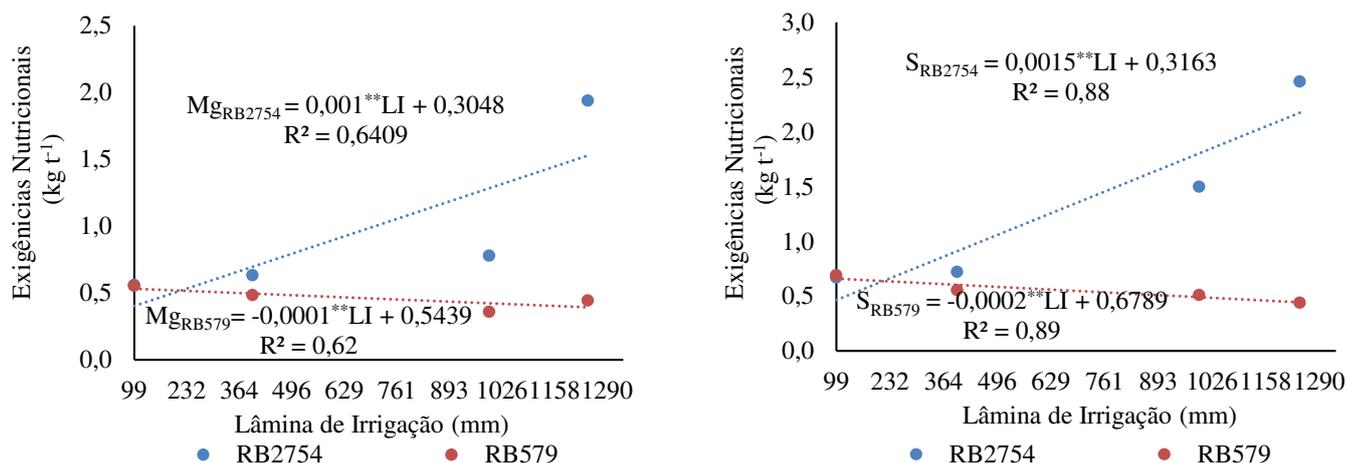


Figura 21. Desdobramento da interação de cada variedade dentro de cada lâmina de irrigação para Nitrogênio (A), Fósforo (B), Potássio (C), Cálcio (D), Magnésio (E) e Enxofre (F) ao final do ciclo de cultivo da cana soca.

O fósforo é considerado o nutriente mais limitante na produção da cana – de – açúcar, sendo a maior necessidade observada nos três primeiros meses do estágio vegetativo, uma vez que exerce as funções de destaque na formação de proteínas e em vários processos, como a fotossíntese, divisão celular e armazenamento de energia (GEBRIM et al., 2010; SIMÕES NETO et al., 2009).

A interação variedade dentro de cada lâmina de irrigação na exigência nutricional do elemento potássio (K) evidencia que a variedade RB002754 aumentou a exigência na medida em que se elevou a lâmina de irrigação aplicada, na lâmina de 1242,3mm obteve média de 11,9 kg t⁻¹ de colmo produzido, já para a variedade RB92579 observou-se o contrário, na lâmina de 99,4 mm resultou em uma média de 5,1 kg t⁻¹ de colmo produzido (Figura 21C).

O potássio é considerado o macronutriente mais extraído pela cana – de – açúcar, fato que se justifica também em decorrência do grande aporte de potássio depositado ao solo pela aplicação de vinhaça, cabe salientar ainda que este nutriente desempenha diversas funções na cana – de – açúcar, como a translocação de solutos, síntese de proteínas e fotossíntese, afetando todas as células da planta, o que contribui de forma significativa para o aumento da produtividade da cultura (Rosetto, 2008).

Franco et al. (2008) verificaram elevada exigência de K pela variedade SP813250, esses autores observaram necessidade de 3,54 kg de K para produção de 1 tonelada de colmo por hectare (TCH). Oliveira (2008), percebeu necessidade de 2,58 kg t⁻¹ de K, para a variedade SP791011, evidenciando como o nutriente mais exigido pelas plantas, discordando dos resultados deste estudo, visto que em ambas as variedades estudadas obtiveram médias bem

superiores as relatadas por estes autores, contudo cabe destacar que este estudo também evidenciou a maior exigência de potássio quando comparada aos demais macronutrientes.

Quando se analisou o efeito da interação variedades versus lâminas de irrigação para exigências nutricionais de cálcio (Ca) no ciclo cana soca, evidencia-se que a variedade RB002754 diferiu da RB92579 de forma significativa, além disso a variedade RB002754 se ajustou melhor ao modelo linear crescente, já a RB92579 ao modelo decrescente (Figura 21D).

O máximo rendimento da cultivar RB002754 foi evidenciado na lâmina de 1242,3 mm, correspondendo a uma exigência de 8,6 kg Ca t⁻¹ de colmo produzido. Contudo, o máximo obtido pela variedade RB92579 foi 2,88 Ca kg t⁻¹ de colmo produzido na lâmina de 99,4mm(Figura 21D). Essa diferença em exigências nutricionais se deve em parte as características genéticas de cada uma das variedades estudadas e sua capacidade de reagir dentro do ambiente de cultivo para a condição de manejo adotadas.

A elevada produtividade da variedade RB92579 no ciclo cana soca e a pouca exigência em Ca credenciam essas variedades como eficientes na utilização desse nutriente. Corroborando com os dados obtidos por Franco et al. (2008).

Esses valores de exigências nutricionais de cálcio são bem superiores aos obtidos por Oliveira et al. (2010) estudando a variedade RB92579 sob irrigação plena obteve 1,19 kg t⁻¹ de colmo produzido.

Ao analisar as exigências de magnésio e enxofre (Figura 21E e F) observa-se comportamentos similares aos demais quanto as variedades estudadas em função das lâminas de irrigação aplicadas. Para a RB002754 com o aumento na lâmina de irrigação, houve aumento na exigência, sendo que a lâmina de 1242,3 mm evidenciou as maiores médias 1,5 e 2,1 kg t⁻¹ de colmo produzido, respectivamente para Mg e S (Figura 21E e F). Contudo, na variedade RB92579 houve redução da exigência com o aumento na lâmina de irrigação, com máxima exigência na lâmina de 99,4 mm (0,53 e 0,65 kg t⁻¹ de colmo produzido), respectivamente para Mg e S. Constata-se ainda que a diferença entre a menor e a maior lâmina de irrigação para o magnésio e enxofre na variedade RB92579 foi de 21,4 e 34,6% (Figura 21E e F).

Comparando-se a quantidade de Mg e S exigidas pela variedade RB92579 para produção de 1 t de colmo no presente trabalho com os observados por Salviano et al. (2017) para a mesma variedade plantada em condições irrigadas, no semiárido brasileiro, observou-se um aumento na quantidade exigida por tonelada de colmo produzida Mg e S, na ordem de 0,39 e 0,22 vezes, respectivamente.

De acordo com Silva (2011) a exigência da cana – de – açúcar por enxofre se equipara a de fósforo, porém práticas de gessagem e aplicação de resíduos orgânicos como a vinhaça suprem indiretamente a planta, no entanto, é necessária aplicação de fertilizantes ricos em enxofre associados a adubação nitrogenada visando garantir a produtividade assim como a longevidade dos canaviais. Desta forma, percebe-se que a variedade RB92579 no ciclo cana soca foi menos exigente nos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, credenciando-a para utilização em ambientes mais restritivos à disponibilidade desses nutrientes, desde que com demanda hídrica adequada.

Franco et al. (2008), ao avaliarem a extração de nutrientes pela variedade SP813250 em dois Latossolos Vermelhos, também observaram variações nas exigências de macronutrientes, evidenciando que a demanda por nutriente é dependente não apenas da variedade utilizada, mas também de sua interação com o ambiente de cultivo e do manejo da irrigação.

Oliveira et al. (2010) alertam que variedades mais eficientes na utilização de macronutrientes podem ser uma alternativa para cultivos em solos relativamente ácidos e pobres nesses macronutrientes, ou seja, solos de baixa fertilidade natural, porém o potencial de resposta à irrigação por esse tipo de variedade foi limitado, quando comparado com variedades mais produtivas e menos eficientes.

As exigências nutricionais para o ciclo cana planta em função dos níveis de nitrogênio apresentou significância para o nutriente P, sendo que a medida que se aumentou os níveis de nitrogênio aplicado ao solo, houve um decréscimo nas exigências de fósforo (Figura 22). Desta forma, o modelo que melhor se ajustou foi o linear, sendo que no nível de 0 kg ha⁻¹ de N, foi onde se obteve a maior exigência de P (0,24 kg t⁻¹ de colmo produzido) a partir deste nível iniciou-se o decréscimo na exigência chegando a 0,18 kg de fósforo t⁻¹ de colmo produzido no nível de 200 kg ha⁻¹ de N (Figura 22).

Parte da exigência para produção de colmo de cana – de – açúcar podem ser satisfeitas pela mobilização das reservas de fósforo no solo (MALAVOLTA, 2006). Quando se atende estas exigências nutricionais da planta, é possível obter produções economicamente viáveis, de forma a reduzir gastos e desperdícios de nutrientes evitando o consumo de luxo.

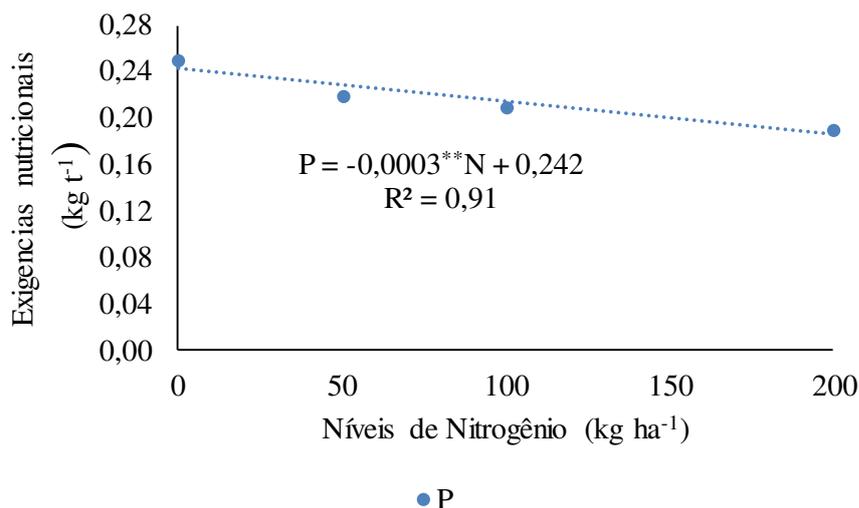


Figura 22. Exigências nutricionais para o elemento fósforo da cana planta em função dos níveis de nitrogênio aplicada ao solo.

5.5. Produtividade da água e do nitrogênio em cana – de – açúcar

O resumo da análise de variância para a produtividade da água com base no colmo (PA_C) e ATR (PA_{ATR}) e a produtividade do nitrogênio (PA_N) da cana planta e soca ao final de cada ciclo de cultivo encontram-se na Tabela 17. A lâmina de irrigação influenciou ao nível de 0,1% de probabilidade pelo teste F, a produtividade da água em colmo e ATR para cana planta e cana soca, no entanto não houve efeito significativo para a produtividade do nitrogênio (Tabela 17).

O fator isolado variedade influenciou de forma significativa ao nível de 1 e 0,1% de probabilidade a produtividade da água com base em colmo e a produtividade do nitrogênio. Já a interação variedade versus lâmina de irrigação foi significativa ao nível de 1% pelo teste F para a produtividade da água com base em colmo (Tabela 17).

O fator níveis de nitrogênio isolado influenciou de forma significativa ao nível de 0,1% de probabilidade a produtividade do nitrogênio no ciclo cana planta e cana soca. Observa-se ainda que houve interação entre os fatores níveis de nitrogênio versus lâmina de irrigação para a produtividade da água com base em colmo no ciclo cana planta ao nível de 0,1% de probabilidade, e entre a interação níveis de nitrogênio versus variedade para a produtividade do nitrogênio ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, no ciclo cana planta (Tabela 17).

Tabela 17. Resumo da análise de variância para produtividade da água com base no colmo e ATR e do nitrogênio na cana planta e soca ao final do ciclo de cultivo.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio					
		PA Colmo		PA atr		PN colmo	
		Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca	Cana Planta	Cana Soca
Bloco	3	122,5	12,0	2,6	0,5	0,65	1,3
Lâmina (L)	3	17838,3***	44846,0***	401,4***	872,0***	0,62 ^{ns}	1,1 ^{ns}
Erro 1	9	52,1	90,0	0,8	2,6	0,19	1,1
Variedade (V)	1	214,8**	87,0 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,8 ^{ns}	9,53***	0,6 ^{ns}
V*L	3	70,2**	14,0 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,3 ^{ns}
Erro 2	12	11,8	25,0	0,4	0,6	0,32	1,0
Níveis de Nitrogênio (N)	3	18,9 ^{ns}	4,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,3 ^{ns}	37,63***	80,0***
N*L	9	52,2***	11,0 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,3 ^{ns}
N*V	3	5,8 ^{ns}	14,0 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,12*	0,2 ^{ns}
N*L*V	9	7,2 ^{ns}	22,0 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,0 ^{ns}
Erro 3	72	13,3	21,0	0,4 ^{ns}	0,4	0,29	0,9
Média Geral	-	7,0	8,7	10,5	5,2	1,97	2,7
CV 1(%)	-	28,8	26,2	26,3	31,4	22,2	39,7
CV 2(%)	-	13,7	13,7	17,4	16,0	28,6	37,3
CV 3(%)	-	14,6	12,6	18,8	13,3	27,4	34,7

^{ns}, não significativo; * foi significativa a 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade; e *** <1% de probabilidade.

A partir dos dados de produtividade de colmo e de açúcares totais recuperáveis (ATR) da cana – de – açúcar , do volume de água proveniente da precipitação mais lâminas de irrigação (P+I) e da evapotranspiração da cultura (ETc), foi possível analisar, ao longo do ciclo cana planta e soca, a eficiência do uso da água em termos de produtividade da água para colmo e ATR.

A produtividade da água com base em colmo (PA_c) e ATR (PA_{ATR}) em função da lâmina de irrigação no ciclo cana planta ajustaram-se ao modelo linear decrescente (Figura 23A). Verifica-se nas condições climáticas vigentes no período do experimento (2015), que houve um incremento na lâmina de irrigação utilizada de 769,94 mm de água (proveniente das precipitações), contudo, é possível notar que a medida que aumentou a lâmina total de água aplicada houve um decréscimo na produtividade da água com base em colmo e açúcares totais recuperáveis (ATR), sendo que na lâmina total de 894 mm, obteve-se a maior eficiência em produtividade da água com base em colmo e ATR correspondendo a 6,63 e 15,18 kg m⁻³ respectivamente (Figura 23 A).

Assim pode-se constatar que utilizando a lâmina de 894 mm para cada metro cúbico de água utilizada são produzidos cerca de 6,63 e 15,18 kg de colmo e ATR. No entanto, na lâmina de 2101,4 mm para cada metro cúbico de água utilizada são produzidos cerca de 3,61 e 6,24 kg de colmo e ATR (Figura 23A). Esses resultados evidenciam que quando a irrigação se aproxima das condições ideais de cultivos, ou seja, sem deficiências hídricas a PA_c e PA_{ATR} é menos eficiente.

Doorembos & Kassam (1979) relatam que a produtividade da água da cana – de – açúcar nos trópicos e subtropicais secos quando se utiliza irrigação, fica entre 5 e 8 kg m⁻³ em se tratando de colmos e de 0,6 e 1,0 kg m⁻³ em termos de sacarose. Resultados estes que corroboram com os obtidos neste estudo para a produtividade de colmos, quanto a produtividade da água em ATR obteve valores superiores aos mencionados por estes autores.

Teodoro (2011) identificou no ciclo cana planta de produção na região de Rio Largo, AL, uma produtividade da água em colmo de 9,71 kg m⁻³ no tratamento com irrigação equivalente a 150% ETo e 11,11 kg m⁻³, no tratamento com reposição de 75% da ETo, no primeiro ciclo de cultivo com duração de 13 meses. Resultados que diferem dos obtidos no presente estudo.

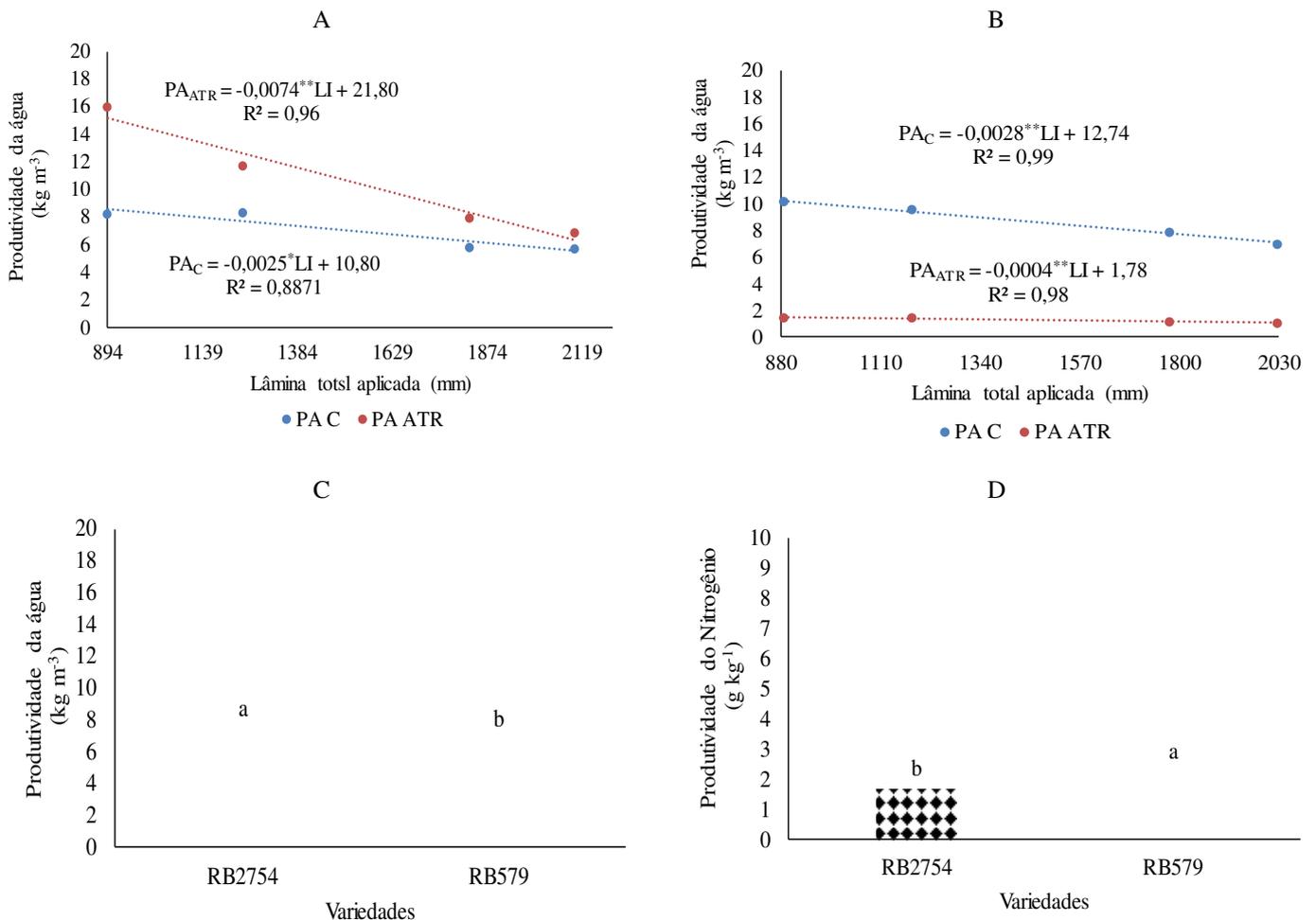


Figura 23. Produtividade da água com base colmo e ATR cana planta (A), cana soca (B) em função da lâmina de irrigação e produtividade da água com base colmo (C) e produtividade do nitrogênio (D) em função da variedade estudada.

Para o ciclo cana soca observou-se comportamento semelhante ao observado para a cana planta, contudo a cana soca obteve maior precipitação cerca de 785 mm. A lâmina de máxima produtividade da água com base no colmo e ATR foi a de 884,4mm, isto significa

dizer que a cada metro cúbico de água utilizado será produzido em base colmo 10,26 kg e com base ATR 1,42kg (Figura 23B). Uma redução de 3,2 e 0,46 kg por metro cúbico de água utilizado para produtividade da água com base colmo e ATR quando se aplicou a lâmina de 2027,4mm (Figura 23B). Farias et al. (2008), ao contrário dos resultados relatados nessa pesquisa, observaram que a produtividade da água com base colmo aumenta em relação direta com o acréscimo das lâminas de irrigação, saindo de 3,99 kg m⁻³, em cana sem irrigação, para 7,22 kg m⁻³ e produtividade da água com base em ATT de 0,67 kg m⁻³ em cana irrigada com 100 % da evapotranspiração da cultura.

Já para a produtividade da água com base colmo (PAC) em função das variedades estudadas, nota-se que houve diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com base no rendimento de colmo, variou na ordem de 7,3 kg m⁻³, para variedade RB002754 e 6,7 kg m⁻³ para a RB92579 (Figura 23C). A diferença de produtividade da água com base em colmos, verificada nas variedades estudadas, se deve sem dúvida, à capacidade que cada variedade possui de tolerar o estresse hídrico e, em seguida, rapidamente se regenerar.

Para Silva et al. (2014), a produtividade da água possui uma relação entre consumo de água e produtividade de colmo e ATR inversa, assim, uma variedade será mais eficiente e responsiva quanto maior for sua produtividade e menor o consumo relativo de água. Fato este que corrobora com os dados obtidos neste trabalho. E corroboram com os obtidos por Meneses & Resende (2016), em estudo conduzido nos tabuleiros costeiros de Alagoas para a produtividade da água (P + I), com base no rendimento de colmo, que variou na ordem de 6,26 a 8,52 kg m⁻³, para a variedade RB92579 e 5,40 a 8,12 kg m⁻³, para a variedade RB962962.

De acordo com Gava et al. (2011), a eficiência na produtividade da água de uma determinada variedade de cana – de – açúcar está intimamente relacionada a fatores fisiológicos, tais como: capacidade de discriminação do isótopo estável ¹³C pela enzima ribulose-1,5-bifosfato; a condutância estomática e a partição de fotoassimilados, entre outros, e morfológicos, como: índice de área foliar; alongação dos colmos e partição de matéria seca.

Ao analisar produtividade do nitrogênio com base em colmo pela quantidade absorvida em função das variedades de cana – de – açúcar estudadas, observa-se que a variedade RB92579 foi a que evidenciou maior produtividade de nitrogênio, sendo que com 1kg ha⁻¹ N é capaz de produzir 2,25kg de colmo, em contrapartida a variedade RB002754 com 1kg ha⁻¹ produz apenas 1,70 kg de colmo (Figura 23D).

O conceito de eficiência ou produtividade de N pode variar de acordo com a perspectiva de produção, porém, não se deve priorizar alta eficiência em detrimento da produtividade, uma vez que pela lei dos rendimentos decrescentes, com o aumento da dose de N os aumentos na produtividade são menores, e portanto, menores as eficiências obtidas (MALAVOLTA, 2006).

Quando se analisou o desdobramento da interação variedade versus lâmina total aplicada (P+I) nota-se que houve decréscimo na produtividade da água com base colmo à medida que aumentou a lâmina total aplicada tanto para variedade RB002754 quanto RB92579 no ciclo cana planta (Figura 24).

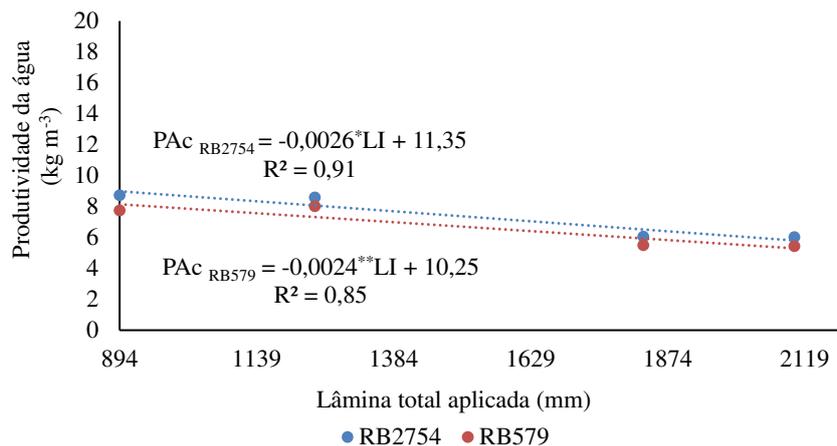


Figura 24. Desdobramento da interação da variedade dentro de cada lâmina de irrigação para a produtividade da água com base em colmo no ciclo cana planta.

Nota-se que a variedade RB002754 se sobressai em relação a PAC (P+I), quando compara a RB92579, uma vez que a RB002754 com 1m³ de água pode produzir cerca de 9 kg de colmo, em contrapartida a RB92579 com o mesmo volume de água produz apenas 8,1 kg (Figura 24). Discordando dos resultados obtidos por Menezes & Resende (2016) e Oliveira et al. (2011) onde a variedade RB92579 se destacou, em relação às demais variedades testadas (SP79-1011, RB813804, RB863129, RB962962, RB042552, RB813365, RB72454, RB763710, RB867515, SP71-4764 e SP81-3250) sobre produtividade da água, em sistema irrigado de forma plena, obtendo resultado médio de 18,3 kg m⁻³, no ciclo de cana planta, para o plantio realizado em outubro de 2006, nas condições de clima e solo, do município de Carpina, PE.

A produtividade da água na cana – de – açúcar depende de uma série de fatores naturais e agrônômicos, dentre os fatores naturais, a temperatura e a radiação solar são os que exercem maior influência e em relação aos agrônômicos, a nutrição mineral e os fatores genéticos das variedades merecem destaque (SILVA et al., 2013).

Quando se analisou a produtividade do nitrogênio com base na produção de colmo em função da quantidade de nitrogênio extraído pelo colmo no ciclo cana planta e soca (Figura 25A e B). Observa-se que a medida que se aumentou o nível de nitrogênio aplicado ao solo a produtividade de nitrogênio reduziu, sendo que a eficiência de extração foi maior no nível de 0 kg ha⁻¹ tanto para o ciclo cana planta quanto soca. A produtividade do nitrogênio (PN) variou entre 3,05 e 4,25 g kg⁻¹ em baixa oferta de N e entre 0,21 a 0,77 g kg⁻¹ em alta oferta de N, respectivamente, para o ciclo cana planta e soca (Figura 25A e B).

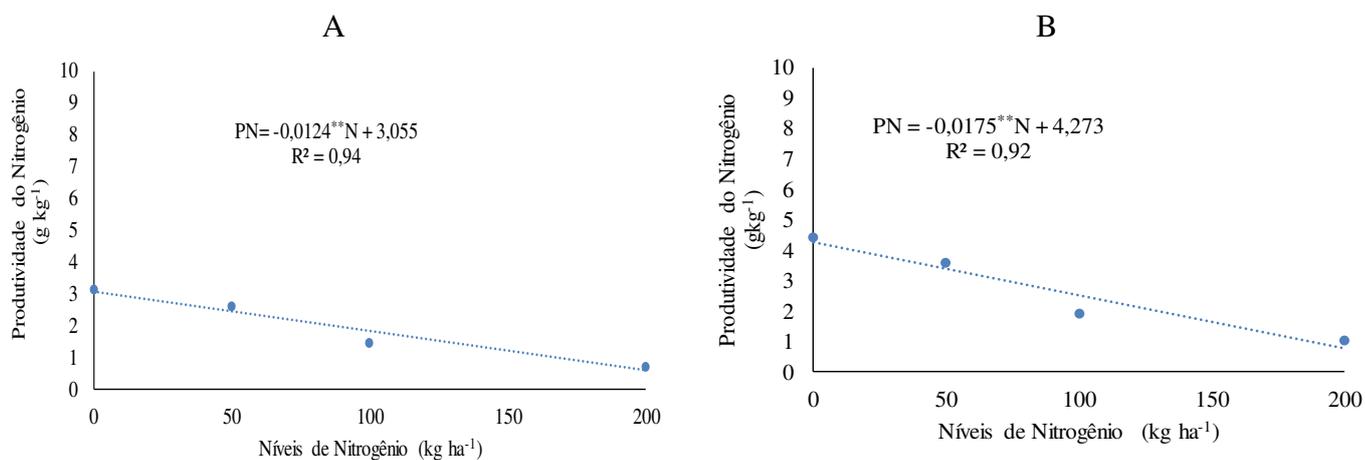


Figura 25. Produtividade do nitrogênio com base em colmo da cana planta (A) e cana soca (B) em função dos níveis de nitrogênio.

Essa redução na eficiência ou produtividade do nitrogênio com base na produtividade de colmo ocorre porque níveis elevados de nitrogênio aplicados ao solo nem sempre são absorvidos por completo pelas plantas, já que existe a parte perdida por lixiviação, percolação além da capacidade da planta de remobilizar, na mesma taxa, o N proveniente de níveis elevados de adubação em comparação com as menores ofertas (RAHIMIZADEH et al., 2010). Houve efeito significativo para a interação dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação para a produtividade da água com base colmo no ciclo cana planta (Figura 26A).

Com o incremento da lâmina total aplicada (P+I) e dos níveis de nitrogênio aplicados houve decréscimo na produtividade da água com base em colmo, com isso nota-se que no nível de 0kg de N ha⁻¹ associado as lâminas totais de 894; 1243,5; 1831 e 2101,1 foram os que evidenciaram as maiores produtividades, correspondendo a 8,73; 8,72; 6,04 e 6,28 kg m⁻³.

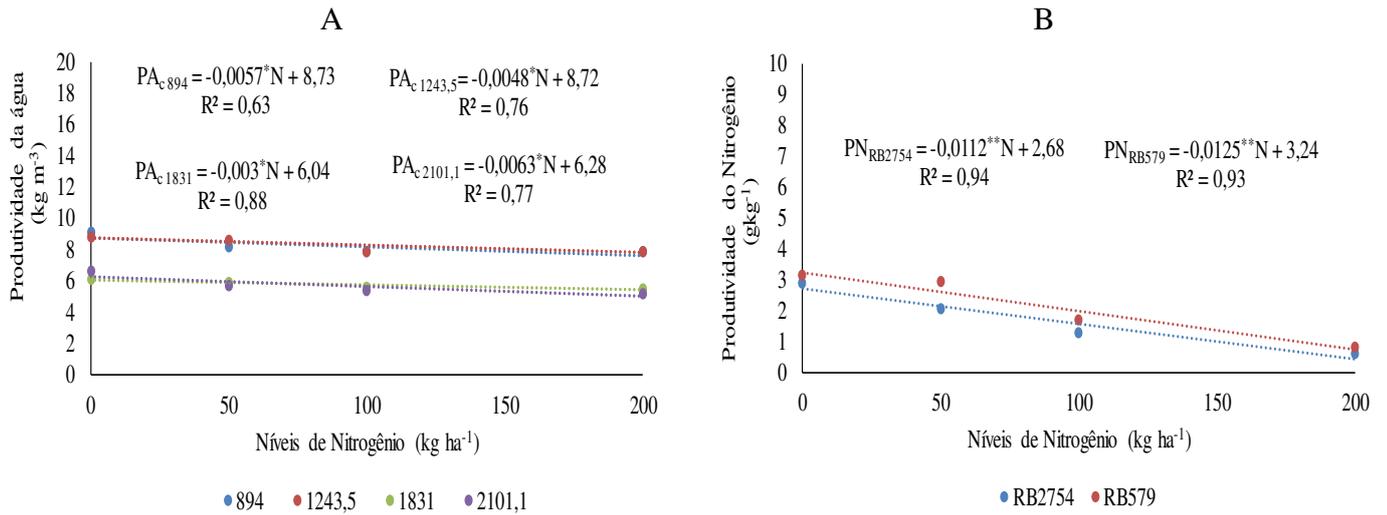


Figura 26. Desdobramento da interação dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação para a produtividade de colmo (A) e da interação níveis de nitrogênio dentro de cada variedade (B) para a produtividade do nitrogênio no ciclo cana planta.

Esta redução da produtividade da água com o incremento no nível de nitrogênio associado as lâminas totais aplicadas pode ser explicada pela Lei dos Mínimos de Liebig, em que, quando a umidade do solo e a nutrição mineral não são mais limitantes para o crescimento das plantas, outros fatores de produção, como temperatura do ar, luz etc., começam a limitar a produtividade agrícola (SILVA, 2011). Teodoro (2011) não observou efeito da interação lâminas versus níveis de nitrogênio para produtividade da água com base em colmo, indicando que não houve efeito sinérgico entre os dois fatores para PAc, mas, ao desdobrar as curvas da PAc em função da quantidade de água aplicada nos diferentes níveis de nitrogênio, percebeu tendências de que ao usar zero de nitrogênio, a produtividade é mais eficiente na menor lâmina total aplicada. Resultados estes condizentes com os obtidos neste estudo.

Oliveira et al. (2014) afirmam que uma melhor produtividade da água com base em colmo em função da lâmina total de água aplicada a cana – de – açúcar pode ser obtida desde a água de irrigação seja manejada de forma racional assim como uma fertilização mineral equilibrada, de maneira eficiente e lucrativa.

Ao se analisar a interação níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação para a variável produtividade de nitrogênio com base no nitrogênio extraído, vê-se que com o incremento no nível de nitrogênio a eficiência produtiva do nitrogênio reduz em ambas as variedades estudadas, contudo a variedade RB92579 se sobressai com 0kg h⁻¹ de N produz 3,24 kg de colmo, já a RB002754 com o mesmo nível de nitrogênio produz apenas 2,68 kg (Figura 26B).

Rahimizadeh et al. (2010) dizem que existência de variabilidade genética entre as variedades de determinadas espécies quanto à sua capacidade de absorção e utilização de nutrientes, inclusive o N. Moll et al. (1982) afirmam que a redução da produtividade de nitrogênio com o aumento dos níveis de N disponível, ocorre porque os mesmos superam a real necessidade da cultura.

6. CONCLUSÕES

A produtividade e a qualidade tecnológica da cana – de – açúcar em função das diferentes lâminas de irrigação e variedades foram estatisticamente significativas no ciclo cana planta e soca e, em relação aos níveis de nitrogênio não se observou efeito significativo, exceto para o teor de fibra na cana planta;

A cana – de – açúcar irrigada com as maiores lâminas no ciclo cana planta e soca, produziu em média $45,0 \text{ t ha}^{-1}$ a mais em comparação a irrigada com as menores lâminas de irrigação;

As maiores lâminas de irrigação propiciaram os maiores crescimentos em altura de plantas, diâmetro e número de perfilhos no ciclo cana planta e soca;

Os açúcares totais recuperáveis (ATR), a produtividade de açúcar (TPH) teor de fibra e pureza possui relação positiva com o aumento da lâmina de irrigação na cana planta e soca e, o teor de fibra tem relação negativa com os níveis de nitrogênio;

A variedade RB002754 foi superior a RB92579 nos parâmetros biométricos, TCH e produtividade da água no ciclo cana planta, contudo a RB92579 obteve melhor desempenho no ciclo cana soca para TCH, ATR e pureza;

A lâmina de irrigação associada a variedade de cana – de – açúcar evidenciou que a variedade RB 2754 responde de forma mais eficiente com menores lâminas.

No ciclo cana planta houve maior exportação e exigência de macronutrientes para RB92579, e para cana soca as maiores médias foram da RB002754; A exigência nutricional para produzir uma tonelada de colmo por hectare e a exportação de nutrientes mostrou maior requerimento dos macronutrientes na cana soca, exceto para o potássio;

A variedade RB92579 foi considerada mais eficiente na utilização dos macronutrientes devido a sua baixa exigência, sendo recomendadas para solos de fertilidade natural mais baixa;

A produtividade da água com base colmo e ATR teve relação inversa com o aumento na lâmina de irrigação independente da variedade estudada, RB002754 ou RB92579, para o ciclo cana planta e soca;

A produtividade do nitrogênio diminui acentuadamente com o aumento dos níveis de N, a partir de $0 \text{ kg de N ha}^{-1}$ no ciclo cana planta e soca;

Não se verificou interação tripla em nenhum dos fatores analisados tanto para cana planta como para cana soca.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Abreu, M. L.; Silva, M. A.; Teodoro, I.; Holanda, L. A.; Sampaio Neto, G.D. Crescimento e produtividade de cana - de - açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. *Revista Bragantia*, v. 72, n. 3, p.262-270, 2013.
- Almeida Junior, A. B.; Nascimento, C. W. A.; Sobral, M. F.; Da Silva, F. B. V.; Gomes, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana – de – açúcar fertilizada com torta de filtro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.10, p.1004– 1013, 2011.
- Andrade Júnior, A. S.; Bastos, E. A.; Ribeiro, V. Q.; Duarte, J. A.L.; Braga, D. L.; Noletto, D. H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana – de – açúcar . *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.47, n.1, p.76-84, 2012.
- Aquino, L. A.; Aquino, R. F. B.A.; Silva, T. C.; Santos, D. F.; Berger, P.G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.4, p.355–361, 2012.
- Bastos, A.; Teodoro, J.; Teixeira, M. B.; Silva, E.; Costa , D.; Bernardino, M. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica no crescimento da cultura da cana – de – açúcar segunda soca. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 40, n.3. p. 554-566. 2017.
- Benett, C. G. S. ; Buzetti, A. ; Benett, K. S. S.; Teixeira Filho, M. C. M.; L Costa, N. R.; Maeda, A. S.; ; Andreott, M. Acúmulo de nutrientes no colmo de cana – de – açúcar em função de fontes e doses de manganês. *Semina Ciências Agrárias, Londrina*, v. 34, n. 3, p. 1077-1088, 2013.
- Benett, C. G. S.; Buzetti, S.; Silva, K. S.; Teixeira Filho, M. C. M.; Garcia, C. M. De P.; Maestrello, P. R. Produtividade e desenvolvimento da cana-planta e soca em função de doses e fontes de manganês. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG*, v. 35, n.5, p.1661-1667, 2011.
- Bezuidenhout, C. N.; O’Leary, G. J.; Singels, A.; Bajic, V. B. A Process-based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops. *Agricultural Systems, Amsterdam*, v. 76, n. 2, p. 589-599, 2003.
- Caldas, C. Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras. Maceió: Sindicato da Indústria e do Álcool do Estado de Alagoas, 1998. 424 p.
- Campos, P. F.; Alves Júnior, J.; Casaroli, D.; Fontoura, P.R.; Evangelista, A. W. P. Variedades de cana – de – açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola*, v.34, n.6, p. 1139-1149, 2014.
- Cantarella, H. Nitrogênio. In: Novais, R.F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p.375-470.
- Carr, M. K. V.; Knox, J. W. The water relations and irrigation requirements of sugarcane (*Saccharum officinarum*): A review. *Experimental Agriculture*. v.47, p.1-25, 2011.
- Carvalho, C. M. de; Azevedo, H. M. de; Dantas Neto, J.; Melo, E. P.; Silva, C. T. S.; Gomes Filho, R. R. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana – de – açúcar

submetida a diferentes níveis de irrigação. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.3,n.4, p.337-342, 2008.

Carvalho, C.M. De; Azevedo, H.M. De; Dantas Neto J.; Farias, C.H. De A.; Silva, C.T.S. Da; Gomes Filho R.R. Rendimento de açúcar e álcool da cana – de – açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. Revista Brasileira de Ciência Agrárias, v.4,n.1, p.72-77, 2009.

Christiansen, J.E. Irrigation by sprinkling. Berkley: University of California, 1942. 124 p.

Coan, R.M.; Reis, R.A. Adubação nitrogenada em pastagens: eficiência no Processo. Nota de consultoria, 4 p. 2011.

Coleti, J.T.; Casagrande, J.C.; Stupiello, J.J.; Ribeiro, L.D. & Oliveira, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB83486 e SP81-3250. STAB, 24:32-36, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: Cana – de – açúcar , primeiro levantamento, Setembro /2017 - Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab 2017. 29 p.

CONSECANA. Manual de instruções. Conselho dos Produtores de Cana – de – açúcar , Açúcar, Álcool do Estado de São Paulo. 5.ed. Piracicaba: CONSECANA, 2006. 112p.

Correia, C. B. G.; Azevedo, H. M. A.; Dantas Neto, J.; Carvalho, C. M.; Feitosa, E. O. Parâmetros organográficos da cana – de – açúcar , quinta folha, sob diferentes lâminas de água e níveis de adubação de cobertura. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.6, n. 3, p. 217 - 226, 2012.

Correia, C. B. G.; Azevedo, H. M. De; Dantas Neto, J.; Carvalho, C. M. De; Silva, L. L.; Feitosa, S. De O. Cana – de – açúcar : parâmetros tecnológicos em função de diferentes lâminas de irrigação e adubação de cobertura. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-37, 2014.

Costa, C. T.; Ferreira, V. M.; Endres, L.; Ferreira, D. T. R. G.; Gonçalves, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana – de – açúcar no quarto ciclo de cultivo. Revista Caatinga, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011.

CRSPCTS/PB - Comissão Regional do Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose no Estado da Paraíba. Manual técnico operacional. João Pessoa, ed.4, 1997. 238p.

Dalri, A. B.; Cruz, R. L.; Garcia, C. J. B.; Duenhas, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana – de – açúcar . Irriga, v.13, n.1, p.1-11, 2008.

Dantas Neto, J.; Figueredo, J. L. C.; Farias, C. H. de A.; Azevedo, H. M. de; Azevedo, C. A. V. de. Resposta da cana – de – açúcar , primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.2, p.283-288, 2006.

Daros, E.; Oliveira, R. A. De.; Zambon, J. L. C.; Bepalhok Filho, J. C. Liberação nacional de novas variedades “RB” de cana – de – açúcar . Rede interuniversitária para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. Curitiba, 2010, 64 p.

Daros, E.; Oliveira, R. A.; Zambon, J. L. C.; Bepalock Filho, J. C. 45 anos de variedades RB de Cana – de – açúcar : 25 anos de RIDESA. Curitiba: RIDESA, 2015. 136 p.

Dellabiglia, W. J.; Gava, G. J.C.; Arlanch, A. B.; Villas Boas, R. L.; Cantarella, H.; Rossetto, R. Produtividade de cana – de – açúcar fertirrigada com doses de N e inoculadas com bactérias diazotróficas. Irriga, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2018.

Dinardo-Miranda, L.L. Vasconcelos, A.C.M. Landell, M.G.A. Cana – de – açúcar . Campinas: Instituto Agrônômico, 882p. 2008.

Doorenbos, J.; Kassam, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

Doorenbos, J.; Kassam, A.H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage, 33).

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

Ernani, P.R.; Almeida, J.A. & Santos, F.C. Potássio. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B. & Neves, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.551-594.

Espósito, D. P.; Peternelli, L. A.; Paula, T. O. M; Barbosa, M. H. P. Análise de trilha usando valores fenotípicos e genotípicos para componentes do rendimento na seleção de famílias de cana – de – açúcar . Ciência Rural, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 38-44, 2012.

Farias, C. H. A.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Dantas Neto, J. Qualidade industrial de cana – de – açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 419-428, 2009.

Farias, C.H. De A.; Fernandes, P.D.; Dantas Neto, J.; Gheyi, H.R. Eficiência no uso da água na cana – de – açúcar sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de zinco no litoral paraibano. Engenharia Agrícola, v.28,n.3, p.494-506, 2008.

Ferreira, J. R. A. Crescimento de variedades RB de cana – de – açúcar irrigadas e fotossíntese modelada pela radiação solar. 2010. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Proteção de Plantas). Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2010.

Ferreira Junior. R. A.; Souza, J.L.; Escobedo, J. F.; Teodoro, I.; Lyra, G. B.; Araújo Neto, R. A. Cana – de – açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.8, p.798–804, 2014.

Figueiredo, I. C.; Maciel, B. F.; Marques, M. O. A qualidade da cana – de – açúcar como matéria-prima para produção de álcool. Nucleus, Ituverava, Edição Especial, p. 82-92, 2008.

Figueiredo, P. Breve história da cana – de – açúcar e do papel do Instituto Agrônômico de Campinas no seu estabelecimento no Brasil. In: Dinardo-Miranda, L.; Vasconcelos, A. C. M. De; Landell, M. G. A. (Org.). Cana – de – açúcar . Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. p. 31-44.

Franco, H. C. J.; Trivelin, P. C. O. Adubação nitrogenada em cana – de – açúcar : reflexos do plantio à colheita. In: CRUSCIOL, C. A. C. Tópicos em ecofisiologia da cana – de – açúcar . Botucatu: FEPAF, 2010. 111 p.

Franco, H.C.J.; Cantarella, H.; Trivelin, P.C.O.; Vitti, A.C. Acúmulo de nutrientes pela cana-planta. STAB Açúcar, Álcool Subpr., v. 26, p. 47-51, 2008.

Freitas, C. A. S.; Silva, A. R. A.; Bezerra, F. M. L.; Ferreira, C. S.; Andrade, R. R. Crescimento vegetativo da cana – de – açúcar (*Saccharum officinarum* L.) irrigada com água de esgoto doméstico tratado. Conexões - Ciência e Tecnologia, v. 6, n. 1, p. 27- 43, 2012.

Gava, G.J.C.; Trivelin, P.C.O.; Oliveira, M.W. & Penatti, C.P. Crescimento e acúmulo de N em cana- -de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, n.11, p. 1347- 1354. 2011.

Gebirim, F. O.; Novais, R. F.; Silva, I. R. S.; Schulthais, F.; Vergutz, L.; Procópio, L. C.; Moreira, F. F.; Jesus, G. L. Mobility of inorganic and organic phosphorus forms under different levels of phosphate and poultry litter fertilization in soils. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, n.2, p.1195-1205, 2010.

Hanauer, J.G. Crescimento, desenvolvimento e produtividade em cultivo de cana-planta e cana-soca de um ano em Santa Maria, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 81p.2011.

Henry, R. J. Basic Information on the sugarcane plant. In: HENRY, R.; KOLE, C. (Ed.). Genetics, genomics and breeding of sugarcane. New York: CRC Press, 2010. p. 1-7.

Horii, J. A qualidade da matéria-prima, na visão agrícola. Visão Agrícola, v.1, n.1, 2004. p.91-93.

Kisi, O. Evapotranspiration modeling using a wavelet regression model. Irrigation Science, v.29, n.3, p.241-252, 2010.

Leal, R. M. P.; Firme, L. P.; Montes, C. R.; Melfi, A. J.; Piedade, S. M. S. Soil exchangeable cations, sugarcane Production and nutrient uptake after Wastewater irrigation. Scientia Agrícola, v.66, n.2, p.242- 249, 2009.

Leite, G. H. P.; Crusciol, C. A. C. Silva, M. A.; Venturini Filho, W. G. Qualidade tecnológica da cana – de – açúcar em função da aplicação de maturadores em meio de safra. Bragantia, Campinas, v.68, n.2, p.527-534, 2009.

Maathuis, F.J.M. Physiological functions of mineral macronutrients. Curr. Opin. Plant. Biol., v.12, p.150-158, 2009.

Machado Junior, G. R.; Matsuoka, S.; Raizer, A. J.; Landell, M. G. De A.; Santos, E. G. D. Dos; Simões Neto; D. G.; Oliveira, R. A. De. Melhoramento da cana – de – açúcar . In: Silva, F. C. Da; Alves, B. J. R.; Freitas, P. L. (org.) Sistema de produção mecanizada da cana – de – açúcar integrada a produção de energia e alimentos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, p. 114-175, 2015.

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

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

Meneses, T. N.; Resende, R. S. Influência de épocas de plantio na eficiência do uso da água da chuva em cultivo irrigado de cana – de – açúcar . Irriga, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 291-305, 2016.

Meschede, D. K.; Carbonari, C. A.; Velini, E. D. Ação de diferentes maturadores na produtividade e qualidade tecnológica da cana – de – açúcar . Revista Brasileira de Herbicidas, v. 8, n. 2, p. 62-67, 2009.

Moll, R. H.; Kamprath, E. J.; Jackson, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal, Madison, v. 74, n. 3, p. 562-564, 1982.

Morais, K. P.; Medeiros, S. L. P.; Silva, S. D. A.; Biondo, J. C.; Boelter, J. H.; Dias, F. S. Produtividade de colmos em clones de cana – de – açúcar . Revista Ceres, v. 64, n.3, p. 291-297, 2017.

Morais, L. K.; Aguiar, M. S.; Silva, P. A.; Câmara, T. M. M.; Cursi, D. E.; Fernandes Junior, A. R.; Chapola, R. G.; Carneiro, M. S.; Bessalho Filho, J. C. Breeding of Sugarcane, In: Cruz, V. M. V.; Dierig, D. A. (Ed.). Industrial Crops: breeding for bioenergy and bioproducts. New York, USA: Springer, 2015. 444 p.

Moura Filho. G. ; Albuquerque, A. W.; Moura, A. B.; Santos, A. C. I.; Oliveira Filho, M. S. ; Silva, L. C. Diagnose nutricional de variedades de cana – de – açúcar em argissolos. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v.18, n.11, p.1102–1109, 2014.

Moura, L. C. De; Silva, N. F. Da; Cunha, F. N.; Bastos, F. J. De C.; Célia, J. A.; Teixeira, M. B. Índice de maturação da cana – de – açúcar fertirrigada sobre diferentes lâminas. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 64-76, 2014.

Neves, M. F. ; Conejero, M. A. Estratégias para a Cana no Brasil: Um Negócio Classe Mundial. 1. ed. Ribeirão Preto: Editora Atlas S.A., 2010. v. 1. 275 p.

Oliveira, A. R.; Braga, M. B.; Santos, B. L. S.; Walker, A.M. Biometria de cultivares de cana – de – açúcar sob diferentes reposições hídricas no vale do submédio são Francisco. Revista Energia na Agricultura, v. 31, n.1, p.48-58, 2016.

Oliveira, A. R.; Braga, M. B.; Walker, A.M. Comportamento vegetativo e qualidade tecnológica de cultivares de cana – de – açúcar submetidas ao estresse hídrico em condições semiáridas do Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, n.4,p.525-541.2015.

Oliveira, e. C. A. De.; freire, f. J.; oliveira, r. I. De; freire, m. B. G. S. Dos.; simões neto, d. E.; silva, s. A. M. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana – de – açúcar cultivadas sob irrigação plena. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, n.3, p.1343-1352, 2010.

Oliveira, E. C. A.; Oliveira, R. I.; Andrade, B. M. T.; Freire, F. J.; Lira Junior, M. A.; machado, p. R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana – de – açúcar

cultivadas sob irrigação plena. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 951-960, 2010.

Oliveira, E. L.; Andrade, L. A.B.; Faria, M.A.; Evangelista, A. W.P.; Morais, A. R. Uso de vinhaça de alambique e nitrogênio em cana – de – açúcar irrigada e não irrigada. Pesquisa agropecuária brasileira, v.44, n.11, p.1398-1403, 2009.

Oliveira, E.C.A. Dinâmica de nutrientes na cana – de – açúcar em sistema irrigado de produção. 2008. 73 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

Oliveira, E.C.A.; Freire, F.J.; Oliveira, A.C.; Simões Neto, D.E.; Alexandre Tavares Da Rocha, A.T.; Carvalho, L.A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana – de – açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.6, p.617-625, 2011.

Oliveira, F.M. De.;Aspiazú, I.; Kondo, M.K.; Borges, I.D.;Pegoraro, R.F.; Viana, E.J.Crescimento e produção de variedades de cana – de – açúcar influenciadas por diferentes adubações e estresse hídrico. Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas, v.5, n.1, p.56-67, 2011.

Oliveira, F.M.O.; Aguilar, P.B.; Teixeira, M.F.F.; Aspiazú, I.; Monção, F. P.; Antunes, A.P.S. Características agrotecnológicas de cana – de – açúcar em diferentes épocas de supressão de irrigação e níveis de adubação. Semina: Ciências Agrárias, v. 35, n. 3, p. 1587-1606, 2014.

Oliveira, M.F.; Aspiazú, I.; Kondo, M.K.; Borges, I.D.; Pegoraro, R. F.; Vianna, E. J. Avaliação tecnológica de variedades de cana – de – açúcar influenciadas por diferentes adubações e supressões de irrigação. Revista Ceres, Viçosa, v. 59, n.6, p. 832-840, 2012.

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.

Pimentel-Gomes, F. Curso de estatística experimental. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

Pires, W. M.; Teixeira, M.B.; Soares, F.A.L.; Ribeiro, W. A.; Lopes Filho, L. C. Cultivo da cana – de – açúcar sob diferentes níveis de reposição hídrica, com e sem adição de nitrogênio. Científic@ Multidisciplinary Journal. v.5, n.3, p. 56-87. 2018.

Prado, E. A. F.; Vitorino, A. C. T.; Mauad, M.; Ensinas, S. C.; Paim, L. R. Características tecnológicas da cana – de – açúcar sob aplicação de doses de vinhaça em Latossolo Vermelho distroférico. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.16, n.4, p.386-395, 2017.

R. Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [URL:http://www.rproject.org/](http://www.rproject.org/). 2014.

Rahimizadeh, M.; Kashani, A.; Zare-Feizabadi, A.; Koocheki, A.R.; Nassiri-Mahallati, M. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. Australian Journal of Crop Science, v.4,n.5, p.363-368, 2010.

Raij, B.; Quaggio, J.A. Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. Campinas; Instituto Agrônomo, 1983. p.1-31. (Boletim Técnico, 81).

Rhein, A. F. L. Produtividade e qualidade da cana – de – açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação subsuperficial por gotejamento. 2013. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

Richards, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60

Rosetto, R.; Dias, F. L. F.; Vitti, A. C. Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: Dinardo-Miranda, L. L.; Vasconcelos, A. C. M.; Landell, M. G. A. (ed.). In: Cana – de – açúcar . Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p.221-238.

Salviano, A. M.; Moura, M. S. B.; Silva, T. G. F.; Carmo, J. F. A.; Brandão, E. O. Acúmulo e exportação de macronutrientes pela cana de açúcar irrigada no semiárido brasileiro. Revista Científica Intellecto. v.2, n.2, p.16-27. 2017.

Santos, D. Distribuição do sistema radicular e produtividade de cana – de – açúcar (*Saccharum spp.*) fertirrigada por gotejamento subsuperficial. 2010. 95 p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2010.

Schultz, N.; Lima, E.; Pereira, M. G; Zonta, E. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:811-820, 2010.

Schultz, N.; Reis, V.M.; Urquiaga, S. Resposta da cana – de – açúcar à adubação nitrogenada: fontes nitrogenadas, formas de aplicação, épocas de aplicação e efeito varietal. Embrapa Agrobiologia, Seropédica. Documentos 52 p. 2015.

Silva, M. A.; Arantes, M. T.; Rhein, A. F. L.; Gava, G. J.C.; Kolln, O. T. Potencial produtivo da cana – de – açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.18, n.3, p.241–249, 2014.

Silva, N. F.; Cunha, F.N.; Teixeira, M. B.; Soares, F.A.L.; Vidal, V. M.; Moraes, W. A. Reposição hídrica e adubação nitrogenada na cana – de – açúcar via gotejamento subsuperficial: cana-planta e cana-soca. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.11, n.6, p. 1862 – 1875, 2017.

Silva, N. F.; Cunha, F.N.; Teixeira, M.B.; Soares, F. A.L.; Moura, L. C.; Vidal, C.M. perfilhamento da cana – de – açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação nitrogenada. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.9, n.3, p. 91 - 101, 2015.

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, nº.1, p. 1 - 11 , 2014.

Silva, S.; Dantas Neto, J. ; Teodoro, I.; Souza, J. L.; Lyra, G. B.; Santos, M. A.L. Demanda hídrica da cana – de – açúcar irrigada por gotejamento nos tabuleiros costeiros de Alagoas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v.19, n.9, p.849–856, 2015.

Silva, V. T. Crescimento e acúmulo de nutrientes em sete cultivares de cana – de – açúcar , em cana-soca, na região de Coruripe, Alagoas. 104p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Alagoas, Maceio, AL.2011.

Simões Neto, D.E.; Oliveira, A.C. De; Freire, F.J.; Freire, M.B.G. Dos S.; Nascimento, C.W.A. Do; Rocha, A.T. Da. Extração de fósforo em solos cultivados com cana – de – açúcar e suas relações com a capacidade tampão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13,n.1, p.840-848, 2009.

Singh, P. N.; Shukla, S. K.; Bhatnagar, V. K. Optimizing soil moisture regime to increase water use efficiency of sugarcane (*Saccharum spp. Hybrid complex*) in subtropical India. *Agricultural Water Management*, Lucknow, v. 90, n.9, p. 95-100, 2007.

Sousa, D.M.G.S; Lobato, E. Adubação com nitrogênio. In:_____. *Cerrado, correção do solo e adubação*. 2.ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. Cap.5, p.129-146.

Souza, P. H. N.; Bastos, G. B.; Anunciação Filho, C.J.; Dutra Filho, J.A.; Machado, P.R. Avaliação de genótipos de cana – de – açúcar para início de safra na Microrregião Centro de Pernambuco. *Rev. Ceres*, v. 59, n.5, p. 677-683, 2012.

Teodoro, I. Respostas técnico-econômicas da cana – de – açúcar a níveis de irrigação e adubação nitrogenada. 100p., Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2011.

Teodoro, I.; Dantas Neto, J.; Souza, J. L.; Lyra, G. B.; Brito, K. S.; Sá, L. A.; Santos, M. A. L.; Sarmiento, P. L. V. S. Isoquantas de produtividade da cana – de – açúcar em função de níveis de irrigação e adubação nitrogenada. *Irriga*, v.18, n.3, p.387-401, 2013.

Uribe, R. A. M.; Gava, G. J. C.; Kolln, O. T.; Saad, J. C. C. Estimativa do acúmulo de fitomassa da soqueira de cana – de – açúcar fertirrigada com doses de N-fertilizante utilizando modelo de simulação. *Irriga, Botucatu*, v. 1, n. 1, p. 126-139, 2016.

Uribe, R.A.; Gava, G.J.D.C.; Saad, J.C. & Kölln, O.T. Ratoon sugarcane yield integrated drip-irrigation and nitrogen fertilization. *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 6, p. 1124-1133. 2013.

Vieira, G. H. S.; Mantovani, E. C.; Sedyama, G. C.; Costa, E. L.; Delazari, F. T. Produtividade de colmos e rendimento de açúcares da cana – de – açúcar em função de lâminas de água. *Irriga, Botucatu*, v.17, n.2, p. 234-244, 2012.

Vieira, G. H. S.; Mantovani, E. C.; Sedyama, G. C.; Delazari, F. T. Indicadores morfo-fisiológicos do estresse hídrico para a cultura da cana – de – açúcar em função de lâminas de irrigação. *Bioscience Journal*, v.30, n.1, p.65-75, 2014.

Vieira-Megda, M.X.; Mariano, E.; Leite, J.M.; Franco, H.C.J.; Vitti, A.C.; Megda, M.M.; Trivelin, P.C.O. Contribution of fertilizer nitrogen to the total nitrogen extracted by sugarcane under Brazilian field conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 101, n. 2, p. 241-257. 2015.

Vitti, A. C.; Trivelin, P. C. O; Gava, G. J. C.; Penatti, C.; 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.2, p.249-256, 2007.