



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DOUTORADO EM AGRONOMIA**

VALTER ALVES PRADELA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE AGROINDUSTRIAL DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR
EM AMBIENTES DE PRODUÇÃO RESTRITIVOS**

Presidente Prudente – SP
2021



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DOUTORADO EM AGRONOMIA**

VALTER ALVES PRADELA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE AGROINDUSTRIAL DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR
EM AMBIENTES DE PRODUÇÃO RESTRITIVOS**

Tese apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de concentração: Agronomia - Produção vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

633.61
P896m

Pradela, Valter Alves.

Manejo da adubação mineral e orgânica na nutrição e produtividade agroindustrial de variedades de cana-de-açúcar em ambientes de produção restritivos / Valter Alves Pradela. – Presidente Prudente, 2021.
69f.: il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2021.

Bibliografia.

Orientador: Carlos Sérgio Tiritan

Co-orientador: Alexandrius de Moraes Barbosa

1. Saccharum officinarum. 2. Previsão de rendimento. 3. Modelagem. 4. Usina de cana-de-açúcar.
I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

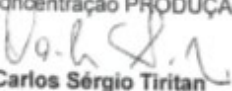
TÍTULO: "MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE AGROINDUSTRIAL DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR EM
AMBIENTES DE PRODUÇÃO RESTRITIVOS"

AUTOR(A): VALTER ALVES PRADELA

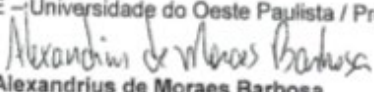
ORIENTADOR(A): Carlos Sérgio Tiritan

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em
AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)


Prof. Dr. Alexandrini de Moraes Barbosa

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)


Prof. Dr. Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo

UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / Dracena (SP)


Prof. Dr. Thadeu Henrique Novais Spósito

Etec - Escola Técnica Estadual / Presidente Prudente (SP)


Prof. Dr. Carlos Henrique dos Santos

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

Presidente Prudente, 25 de novembro de 2021.

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus e a minha família, pois eles são a base da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus por me abençoar e permitir com que eu pudesse realizar mais um sonho.

Agradeço também a minha esposa Eleusa e aos meus filhos Juliana e Fernando por sempre me apoiarem a seguir os meus sonhos profissionais e pessoais. Vocês são a minha inspiração.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan pelas oportunidades e ensinamentos durante todos esses anos, obrigado.

A direção e ao corpo técnico da usina Ipê que colaboraram para a realização deste trabalho.

A Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), pela parceria e infraestrutura.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (Brasil) CAPES – Código de Financiamento 001”.

*“Insanidade é fazer sempre as mesmas coisas,
esperando resultados diferentes [...]”*

Albert Einstein

RESUMO

Manejo da adubação mineral e orgânica na nutrição e produtividade agroindustrial de variedades de cana-de-açúcar em ambientes de produção restritivos

O setor sucroenergético gera anualmente grandes volumes de subprodutos (torta de filtro e vinhaça) que podem ser utilizados em suas lavouras, reduzindo os custos de adubação e fornecendo nutrientes para o solo, entretanto, faltam estudos que utilizaram um levantamento de grande número de dados de uma usina para avaliar esse efeito. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a interação do efeito de manejos de adubação no plantio e em cobertura sobre distintos ambientes de produção sobre a produtividade de colmos e atributos químicos de solo e foliar em cana-de-açúcar. A pesquisa foi conduzida na usina Ipê, localizada no município de Nova Independência – SP por um período de duas safras consecutivas (2018/2019) e (2019/2020) e as cultivares de cana-de-açúcar utilizadas foram (RB 966928) e (CTC 4), sendo estas as mais representativas da região praticadas por aquela empresa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com dez repetições. Cada repetição foi representada por um talhão dentro da área de cultivo da usina, selecionando-se aqueles que apresentavam – se homogêneos, entre os anos de 2018 e 2019. As parcelas foram constituídas por 6 tratamentos, sendo 3 manejos (T1 – Adubação mineral no plantio e na soqueira; T2 – Adubação mineral no plantio e vinhaça na soqueira; T3 – Adubação com torta de filtro no plantio e vinhaça na soqueira) e 2 ambientes de produção (C e D). O estudo mostrou que o manejo com resíduos agroindustriais pode contribuir com a melhoria do ambiente D quando comparado com o ambiente C e que a cultivar RB966928 se aproveita melhor dessa interação. Além disso, quanto aos tratamentos que utilizaram os resíduos agroindustriais, a quantidade de açúcar produzido no ambiente D se aproxima em 98% ao obtido no ambiente C, independente da cultivar analisada.

Palavras-chave: Torta de filtro. Adubação mineral. Matéria orgânica.

ABSTRACT

Management of mineral and organic fertilization in the agro-industrial nutrition and productivity of sugarcane varieties in restrictive production environments

The sugarcane industry annually generates large volumes of by-products (filter cake and vinasse) that can be used in their crops, reducing fertilization costs, and providing nutrients for the soil, however, there is a lack of studies that used a survey of large amounts of data from a power plant to assess this effect. In this context, the aim of this study was to evaluate the effects of different fertilization managements in planting and covering in different production environments on stalk yield and chemical attributes of soil and leaf in sugarcane. The research was conducted at the Ipê mill, located in the city of Nova Independência - SP for a period of two consecutive harvests (2018/2019) and (2019/2020) and the sugarcane cultivars used were (RB 966928) and (CTC 4), which are the most representative of the region practiced by that company. The experimental design used was a split-plot in time with ten replications. Each repetition was represented by a plot within the plant's cultivation area, selecting those that were homogeneous between the years 2018 and 2019. The plots consisted of 3 treatments (T1 - Mineral fertilization in planting and stump; T2 – Mineral fertilizer in planting and vinasse in the stump; T3 – Fertilization with filter cake in the planting and vinasse in the stump), and the subplot consisting of years of cultivation. The application of vinasse in ratoon cane, associated or not with filter cake planting, contributed to the improvement of the production environment D in relation to C and provided the highest production of sugarcane and sugar stalks per hectare in the studied cultivars.

Keywords: Mineral Fertilization. Organic matter. Stillage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estimativa da CONAB de produção de colmos em t ha ⁻¹ por região do Brasil na safra 2021/2022.....	22
Figura 2. Fases de crescimento da cana-de-açúcar.....	23

LISTA DE QUADRO

Quadro 1. Manejo de adubação (plantio e soqueira) por ambiente de produção.....36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química de vinhaça em função do tipo de mosto.....	28
Tabela 2. Composição média da torta de filtro.....	29
Tabela 3. Expectativa de produtividade de cana-de-açúcar (média de quatro cortes) em toneladas de colmos por hectáre (TCH), dos ambientes de produção.....	31
Tabela 4. Ambientes de produção de cana-de-açúcar.....	31
Tabela 5. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al) e potássio (K) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.....	40
Tabela 6. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por alumínio (M%) e percentagem de saturação por bases V%) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.....	41
Tabela 7. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, na profundidade de 0 a 20 cm, nos dois anos avaliados.....	41
Tabela 8. Efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: nitrogênio total (N total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....	42
Tabela 9. Efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....	42
Tabela 10. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al) e potássio (K) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.....	43
Tabela 11. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por alumínio (M%) e percentagem de saturação por bases V%) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.....	44
Tabela 12. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, na profundidade de 0 a 20 cm, nos dois anos avaliados.....	45
Tabela 13. Efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: nitrogênio total (N total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....	45
Tabela 14. Efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D,	

nos dois anos avaliados.....	46
Tabela 15. Efeito do manejo da adubação em duas cultivares de cana (RB966928 e CTC 4) nos valores médios de produtividade de colmos (t colmos ha ⁻¹ , TCH) e açúcar total redutor (kg açúcar t ⁻¹ , ATR) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....	46
Tabela 16. Efeito do manejo da adubação em duas cultivares de cana (RB966928 e CTC 4) nos valores médios de produtividade de açúcar (t açúcar ha ⁻¹ , TAH) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....	47
Tabela 17. Análise de variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al) e potássio (K) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.....	63
Tabela 18. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por alumínio (M%) e percentagem de saturação por bases V%) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.....	64
Tabela 19. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, na profundidade de 0 a 20 cm, nos dois anos avaliados.....	64
Tabela 20. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: nitrogênio total (N Total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....	65
Tabela 21. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....	65
Tabela 22. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al) e potássio (K) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.....	66
Tabela 23. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por alumínio (M%) e percentagem de saturação por bases V%) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.....	67
Tabela 24. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, na profundidade de 0 a 20 cm, nos dois anos avaliados.....	67
Tabela 25. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: nitrogênio total (N total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....	68

Tabela 26. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....68

Tabela 27. Análise da variância do efeito do manejo da adubação em duas cultivares de cana (RB966928 e CTC 4) nos valores médios de produtividade de colmos (t colmos ha⁻¹, TCH) e açúcar total redutor (kg açúcar t⁻¹, ATR) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....69

Tabela 28. Análise da variância do efeito do manejo da adubação em duas cultivares de cana (RB966928 e CTC 4) nos valores médios de produção de açúcar por hectare (t açúcar ha⁻¹, TAH) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.....70

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1. Histórico de chuvas ocorridas nos anos de 2018 e 2019 e acumulado de 2009 a 2019 da usina Ipê, localizada no município de Nova Independência-SP.....	33
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVO	21
3	REVISÃO DE LITERATURA	22
3.1	Cana-de-açúcar	22
3.1.1	Origem	22
3.1.2	Distribuição geográfica e produção esperada	22
3.1.3	Fenologia	23
3.1.4	Brotação	25
3.1.5	Crescimento vegetativo	25
3.1.6	Maturação	25
3.2	Adubação	27
3.2.1	Adubação mineral	27
3.2.2	Vinhaça	28
3.2.3	Torta de filtro	29
3.3	Ambientes de produção	31
4	MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1	Características e localização da área de trabalho	34
4.2	Caracterização climática	34
4.5	Manejo nutricional utilizado pela usina	35
4.3.1	Calagem no preparo de solo	35
4.3.2	Adubação mineral no plantio	35
4.3.3	Adubação orgânica no plantio	35
4.3.4	Adubação em soqueira de safra	35
4.3.5	Calagem em soqueira de safra	36
4.4	Delineamento experimental	36
4.5	Escolha dos locais	36
4.6	Caracterização das cultivares	37
4.7	Condução do experimento	38
4.8	Análise estatística	39
5	RESULTADOS	40
5.1	Tabelas referentes a cultivar RB966928	41
5.2	Tabelas referentes a cultivar CTC 4	44
5.1	Tabelas referentes as cultivares RB966928 e CTC 4	47
6	DISCUSSÃO	49
6.1	Parâmetros referentes a produção agroindustrial	49
6.2	Atributos químicos do solo	50
6.3	Análise foliar	53

7	CONSIDERAÇÕES	54
8	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICE.....	63

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar, sendo que a área cultivada com esta cultura e que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2021/2022 será de aproximadamente 8,2 milhões hectares (CONAB, 2021). É também o primeiro país do mundo na produção de açúcar e etanol e que vem conquistando o mercado externo com o uso do biocombustível como alternativa energética (BRASIL, 2021).

A busca pelo aumento da produtividade tem sido sempre o objetivo entre as agroindústrias açucareiras e alcooleiras no Brasil, as quais se utilizam de novos processos tecnológicos e aperfeiçoamento do tradicional sistema de produção.

A produtividade ou produção por unidade de área pode ser representada em termos de produtividade de colmos e o teor de açúcar nestes colmos, que resultam no rendimento do açúcar e/ou álcool por unidade de área. O aumento destes parâmetros, sem incorrer em maiores custos, tem como consequência imediata a elevação da rentabilidade da exploração comercial da cultura da cana-de-açúcar.

O potencial produtivo da cultura da cana é determinado por meio do conceito de ambientes de produção, que podem sofrer alterações, por condições climáticas atípicas ou serem aperfeiçoados, adotando técnicas de manejos nutricionais adequados beneficiando a produtividade da lavoura.

Segundo Prado (2005), os componentes dos ambientes de produção são representados pela profundidade, que tem relação direta com a disponibilidade de água e o volume de solo explorado pelas raízes; fertilidade como fonte de nutrientes para as plantas; a textura que está relacionada com os níveis de matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e disponibilidade hídrica, e pela água como parte da solução do solo, vital para a sobrevivência das plantas.

Solos com ambientes de produção C e D, com limitação em relação a água e CTC média/baixa são comuns nas agroindústrias canavieiras das regiões Oeste e Centro Oeste do Estado de São Paulo, e estão geralmente associados com solos mais leves.

Alguns estudos avaliaram o efeito da adubação orgânica nos atributos físicos e químicos de diferentes tipos de solo e na produtividade de colmos (CANELLAS *et al.*, 2003; BARROS *et al.*, 2010; SILVA; BONO; PEREIRA, 2014; YIN

et al., 2019). Entretanto, não existem estudos onde foram utilizados um levantamento de um grande número de dados de uma usina para avaliar esse efeito.

Para testar a hipótese de que a possibilidade de um manejo nutricional pautado em matéria orgânica, utilizando o residual da produção do etanol (vinhaça) e açúcar (torta de filtro) pode gerar um incremento na adição de nutrientes e melhorar a retenção destes nutrientes em solos de textura arenosa, contribuindo para a produtividade da cultura.

2 OBJETIVO

Avaliar a interação do efeito de manejos de adubação no plantio e em cobertura sobre distintos ambientes de produção sobre a produtividade de colmos e atributos químicos de solo e foliar em cana-de-açúcar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cana-de-açúcar

3.1.1 Origem

A cana-de-açúcar pertence à família das angiospermas, Poaceae, teve a sua origem em Nova Guiné, região sudeste da Ásia e foi trazida para o Brasil no início do século XIV pelos portugueses. É uma planta perene, típica dos trópicos, herbácea e possui colmo em formato de cilindro composto por nós (de onde saem as gemas) e entrenós, epiderme característica, raiz fasciculada e flores monóclinas (OGATA, 2013). Suas folhas são alternas ou opostas e presas aos nós, têm nervuras paralelas e bainhas largas e sua altura pode chegar a 1,40 metros de comprimento (SILVA, 2015).

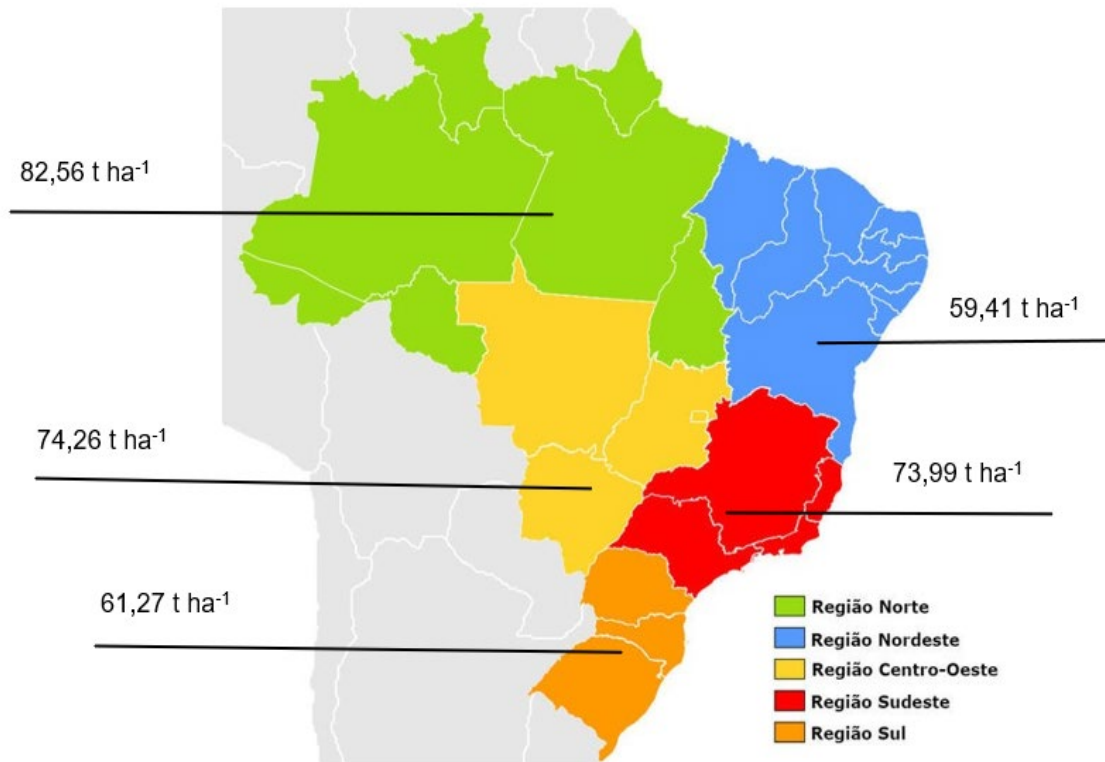
3.1.2 Distribuição geográfica e produção esperada

No Brasil, o cultivo de cana-de-açúcar está distribuído pelas regiões Norte (0,55%), Nordeste (10,11%), Centro-Oeste (22,11%), Sudeste (60,92%) e Sul (6,31%), estes valores percentuais são estimativas para produção nacional safra 2021/2022 (CONAB, 2021). Quando comparada com regiões tradicionais de cana-de-açúcar, as expansões do cultivo desta cultura ocorreram em regiões mais secas, como no noroeste do Estado de São Paulo e Centro-Oeste do Brasil, onde a realização de irrigações se faz necessário para manutenção da cultura nestes locais (VIANNA; SENTELHAS, 2015).

A estimativa é que sejam colhidos 592 milhões de toneladas, representando um volume de matéria-prima 9,5% menor em relação à safra 2020/21, valor influenciado pelos efeitos climáticos adversos da estiagem e as baixas temperaturas em algumas áreas de produção (CONAB, 2021).

Dessa forma, a média de produtividade de colmos por hectare nesta safra é estimada em 71,82 t.ha⁻¹. Na Figura 1, observamos a estimativa de produção por região brasileira.

Brasil na safra 2021/2022.



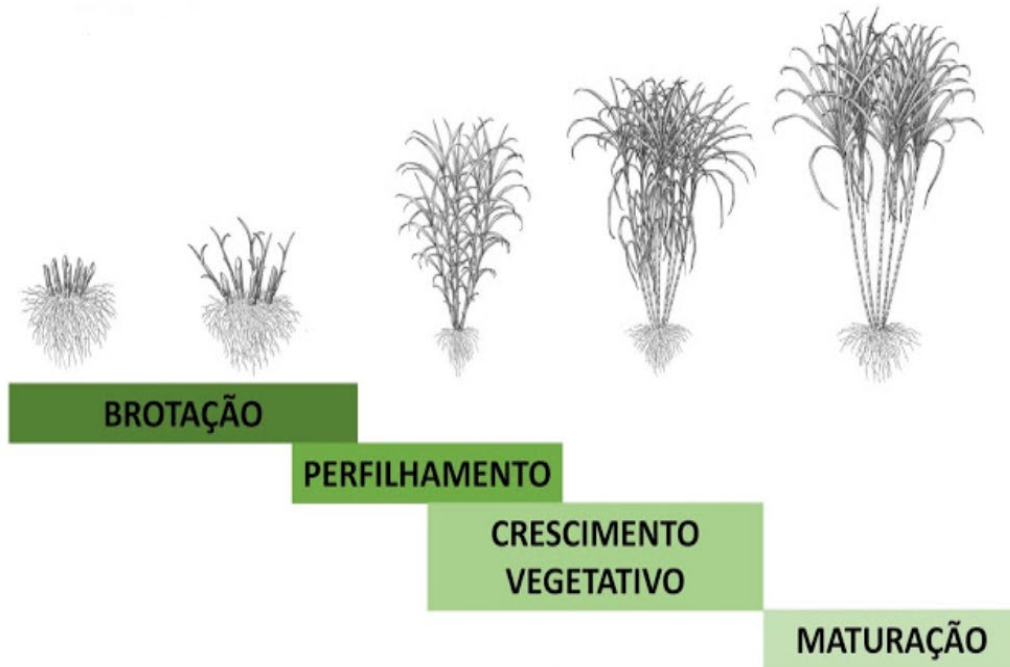
Fonte: Autor (2021).

3.1.3 Fenologia

Na cultura da cana-de-açúcar as plantas cultivadas são híbridas provenientes de cruzamentos, basicamente entre as plantas de *S. officinarum* e *S. spontaneum*. São gramíneas semiperenes com caules suculentos e com grande concentração de sacarose, podendo atingir vários metros de comprimento (NOVA CANA, 2020).

O desenvolvimento da cana-de-açúcar é dividido em quatro fases distintas: (1) brotação e estabelecimento – o desenvolvimento da planta é lento e necessita da umidade do solo, e a brotação ocorre de 20 a 30 dias; (2) perfilhamento – inicia por volta de 40 dias após o plantio e permanece até 120 dias; (3) crescimento dos colmos – inicia por volta dos 120 após o plantio (ou corte) e permanece por até 270 dias, em um cultivo de 12 meses. É o estágio mais importante do cultivo, pois nesta fase se acumulam aproximadamente 75% da matéria seca total. O estágio (4) maturação dos colmos – a taxa de crescimento da planta é reduzida e há ocorrência de aumento no acúmulo de sacarose nos colmos, começa a partir de 270 a 360 dias

Figura 2. Fases de crescimento da cana-de-açúcar



Fonte: Barbosa (2016) adaptado de Cheavegatti-Gianotto (2011).

A cultura da cana-de-açúcar possui dois ciclos básicos: o da cana planta que tem o seu início com o plantio e seu término ao final da primeira colheita e o da cana soca, que tem o seu início após a colheita da cana planta e se prolonga por vários ciclos sucessivos de corte/brotação até a renovação do canavial. Canas plantadas de janeiro a março receberão o primeiro corte aproximadamente 18 meses após o plantio, ou seja, a partir do inverno do ano seguinte. Canas plantadas de setembro a outubro, são denominadas de cana de ano e sua colheita ocorre após 12 meses do plantio.

Dependendo do tipo de manejo utilizado, o ciclo completo de um canavial é em média 06 anos com 05 cortes, e que no final deste período ocorre a renovação da área com um novo plantio da cultura (NOVA CANA, 2020).

Uma das principais diferenças entre a cana soca e a cana planta é que normalmente os processos de brotação e enraizamento ocorrem mais rapidamente na cana soca. Tanto para a cana planta quanto para a cana soca, é importante que o sistema radicular esteja desenvolvido e que as plantas possuam no mínimo 12

folhas, de modo que o canavial possa aproveitar ao máximo as condições favoráveis quanto chuvas de verão, fotoperíodo e temperatura (SEGATO *et al.*, 2006).

Nota-se uma contínua queda de produtividade das soqueiras em relação à cana planta, geralmente associadas à compactação e a diminuição da fertilidade do solo, devido ao uso contínuo e intensivo do solo pela cultura e pela utilização ineficiente de fertilizantes (MARIN *et al.*, 2009).

3.1.4 Brotação

É a fase inicial do desenvolvimento da cana-de-açúcar, e nesta etapa ocorre o início do enraizamento dos toletes e a emergência dos primeiros brotos entre 20 e 30 dias após o plantio (DAP) na cana planta ou após o corte (DAC) na cana soca; o segundo estágio chamado de perfilhamento inicia-se entre 20 e 30 DAP/DAC, podendo se prolongar até 120 DAP/DAC, e constitui-se como a emissão de vários colmos por uma única planta que são denominados de perfilhos, em que estes são responsáveis pela formação das touceiras de cana, logo, à medida que esses perfilhos vão aparecendo o sistema radicular da planta vai aumentando (EMBRAPA, 2021).

3.1.5 Crescimento vegetativo

O crescimento vegetativo, também conhecido como desenvolvimento da parte aérea inicia-se por volta dos 120 DAP/DAC e pode durar até os 270 DAP/DAC em cana de 12 meses, neste estágio a cana inicia o acúmulo de sacarose na base dos colmos, ganha maior parte de sua matéria seca total e evolução significativa em altura; tal crescimento é estimulado em grande parte por fatores como a luz, umidade e calor, já a maturação, última fase antes da colheita, inicia aos 270 DAP/DAC e é responsável pela intensa formação de sacarose nas folhas através da fotossíntese para transferência e acúmulo nos colmos (AUDE, 1993).

3.1.6 Maturação

A fase de maturação na cana-de-açúcar não é bem definida fisiologicamente,

tem seu início normalmente a partir dos 270 dias após o plantio e tem uma duração de três meses. Segundo Marin (2014), o início da maturação é determinado no momento em que os colmos resultantes da fase de perfilhamento passam a acumular sacarose originária da fotossíntese.

A taxa de acúmulo de sacarose é maior durante a última fase do ciclo da cultura, quando os colmos têm pequena taxa de crescimento, coincidindo com períodos de restrições induzidas pelo clima que levam à maturação (WATT *et al.*, 2014).

Este acúmulo ocorre quando a planta encontra condições restritivas ao seu crescimento como deficiência hídrica ou períodos de frio, o que favorece o acúmulo de sacarose no colmo.

No entanto, o acúmulo de sacarose poderá ocorrer com a cana ainda imatura, mediante a ausência de água, nutrientes e outros fatores necessários ao seu desenvolvimento.

Segundo Segato *et al.* (2006), no final do ciclo fenológico da cana-de-açúcar ocorre a maturação dos colmos e que em virtude do acentuado acúmulo de sacarose, define a qualidade da matéria prima dos colmos industrializáveis. Segundo Ripoli *et al.* (2006), na maturação da cana-de-açúcar ocorre quatro etapas: maturação inicial, do terço médio e final dos colmos e o momento da colheita.

Na cana-de-açúcar, os colmos são capazes de armazenar uma grande quantidade de sacarose e decresce no sentido da base para a ponta do colmo. Este processo sofre uma influência direta dos elementos climáticos e, em função das condições ambientais, é possível prever a concentração de sacarose (CARDOZO; SENTELHAS, 2013).

A cana-de-açúcar apresenta diferentes períodos de maturação de acordo com as cultivares que são classificadas em precoces, médias e tardias, com relação a época em que acumulam açúcar (EMBRAPA, 2018). De acordo com o período de colheita, o teor de sacarose nas cultivares sofre alterações, onde períodos quentes e úmidos fazem decrescer os teores de sacarose e períodos com estresse hídrico e temperaturas mais amenas, favorecem o acúmulo.

A maturação da cana-de-açúcar pode sofrer alterações relacionados a época de colheita, onde com a utilização de maturadores podemos antecipar e com uso de fertilizantes esta maturação poderá ser atrasada. O uso de fertilizantes com o

objetivo de aumentar a produção, pode retardar a maturação, pois favorece o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, sendo o nitrogênio uma das principais causas associadas ao baixo conteúdo de sacarose em lavouras excessivamente adubadas (SEGATO, 2006).

Um dos fatores que influenciam na maturação da cana-de-açúcar é o clima, pois com a redução da temperatura diminui o ritmo vegetativo da planta, ocorrendo o acúmulo de sacarose nos colmos. Quando não ocorre uma redução na temperatura, necessariamente deverá ocorrer uma seca moderada para ocasionar a diminuição da alongação do internódio, resultando no aumento do teor de sacarose nos colmos (SCARPARI, 2002).

3.2 Adubação

Para Faquim (2005), a adubação das espécies vegetais tem como finalidade adicionar os nutrientes que a planta precisa para sua sobrevivência, fazendo com que as colheitas sejam compensadoras e com produtos de boa qualidade nutritiva e/ou industrial. Tudo isso aliado à mínima perturbação do meio ambiente.

O uso de fertilizantes sempre será necessário quando o fornecimento dos nutrientes pelo solo for menor que o requerido pela cultura. Dificilmente o solo fornece às plantas todos os nutrientes para que elas se desenvolvam adequadamente, portanto a adubação é uma atividade importante para a agricultura (REETZ, 2017).

De acordo com Santiago e Rossetto (2018), a fim de aumentar a produtividade da cultura, a adubação orgânica sempre será uma opção para o agricultor, seguida da adubação mineral quando a primeira for impossibilitada. A adubação é capaz de melhorar o desempenho das culturas e de aumentar as produtividades, pois atua como fonte de reposição dos nutrientes à fertilidade natural do solo (EMBRAPA, 2021).

3.2.1 Adubação Mineral

A adubação é um dos fatores que determinam a produtividade dos canaviais. A adubação da cana-de-açúcar varia de cana-planta para cana-soca, pois no plantio da cana-de-açúcar a associação de bactérias fixadoras de N₂ do ar devido

ao açúcar presente no tolete. Portanto a adubação de plantio utiliza-se baixa quantidade de nitrogênio a alta quantidade de fósforo e potássio. Na cana-soca, onde já não há mais associação entre sistema radicular da cana-de-açúcar e bactéria devido a morte do sistema radicular e não mais presença do tolete é necessário adubação com elevados teores de nitrogênio e potássio e baixo fósforo. Segundo Orlando Filho (1994) e Reetz (2017), nesta adubação de soqueira a relação do adubo N/K_2O deve estar entre 1,0/1,3 a 1,0/1,5 e a dose de N deve ser 1 kg para cada tonelada de cana a produzir.

Os nutrientes que devem ser fornecidos via adubação são os macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre; e também os micronutrientes: boro, cobre, molibdênio e zinco (EMBRAPA, 2021).

Enquanto os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) são medidas em quilogramas, caso estas gramas não estiverem presentes no solo ou não forem fornecidos através de adubação, a produção será prejudicada, mesmo que os outros nutrientes apareçam nas quantidades ideais, válida para todos os insumos ou fatores de produção (CACERES; ALCARDE, 1995; YARA, 2020).

3.2.2 Vinhaça

A vinhaça no Brasil é identificada como subproduto da produção de etanol via cana-de-açúcar. Segundo Moraes, Zaiat e Bonomi (2015), retratam a vinhaça como um subproduto da destilação de biomassa na produção de etanol, sendo de culturas de açúcar (beterraba e cana), de amido (milho, trigo, arroz e mandioca) ou mesmo de materiais celulósicos (resíduos de colheita, bagaço e madeira), com temperaturas variando na faixa de 80°C a 90°C no momento em que sai do destilador.

A composição da vinhaça sofre influência direta em função do tempo, índice de maturação, tipo de solo e da matéria prima utilizada para produção de etanol. Outros fatores também podem afetar a sua composição tais como: a natureza da composição dos vinhos, o sistema de fermentação, o tipo de levedura utilizada, o tipo de tratamento das leveduras, os aditivos utilizados na fermentação, os aparelhos utilizados na destilação, a qualidade da água usada, bem como, os componentes utilizados para desinfecção (ARAUJO; OLIVEIRA, 2016).

Estes autores descrevem os efeitos da vinhaça no solo: a) elevação do pH; b) aumento da disponibilidade de alguns íons; c) aumento da capacidade de troca catiônica (CTC); d) aumento da capacidade de retenção de água e) melhoria da estrutura física do solo e que este subproduto possui de 80 a 90% de água em sua composição e o restante é composta por um material sólido onde cerca de 70% desta fração é material orgânico e 30% mineral. Encontramos diversos nutrientes nesta fração mineral como o N, P, Ca e Mg, sendo que o potássio tem em maior quantidade.

Na Tabela 1 está apresentada a composição química da vinhaça resultante de diferentes tipos de mosto.

Tabela 1. Composição química de vinhaça em função do tipo de mosto*

Parâmetros	melaço	caldo	misto
pH	4,2 - 5,0	37 - 4,6	4,4 - 4,6
Temperatura (°C)	80 - 100	80 - 100	80 - 100
DBO (mg l ⁻¹ O ₂)	25.000	6.000 - 16.500	19.800
DQO (mg l ⁻¹ O ₂)	65.000	15.000 - 33.000	45.000
Sólidos totais (mg l ⁻¹)	81.500	23.700	52.700
Sólidos voláteis (mg l ⁻¹)	60.000	20.000	40.000
Sólidos fixos (mg l ⁻¹)	21.500	3.700	12.700
Nitrogênio (mg l ⁻¹)	450 - 1610	150 - 700	480 - 710
Fósforo (mg l ⁻¹)	100 - 290	10 - 210	9 - 200
Potássio (mg l ⁻¹)	3.740 - 7.830	1.200 - 2.100	3.340 - 4.600
Cálcio (mg l ⁻¹)	450 - 5.180	130 - 1.540	1.330 - 4.570
Magnésio (mg l ⁻¹)	420 - 1.520	200 - 490	580 - 700
Sulfato (mg l ⁻¹)	6.400	600 - 760	3.700 - 3.730
Carbono (mg l ⁻¹)	11.200 - 22.900	5.700 - 13.400	8.700 - 12.100
Relação C/N	16 - 16,27	19,7 - 21,07	16,4 - 16,43
Matéria orgânica (mg l ⁻¹)	63.400	19.500	3.800
Subs. Redutoras (mg l ⁻¹)	9.500	7.900	8.300

* Fonte: Prada, Guekezian e Suarez-Iha (1998) citado por Segato *et al.* (2006)

3.2.3 Torta de filtro

A torta de filtro é um resíduo proveniente do processo de clarificação do açúcar e na destilação para recuperação do álcool. É composta da mistura de bagaço moído e lodo da decantação. É um composto orgânico rico em cálcio, nitrogênio e fósforo, porém sua composição depende da cultivar da cana e da sua

maturação. Este material tem sido destinado a aplicação no solo da própria cultura da cana-de-açúcar para aumentar sua fertilidade (BONASSA *et al.*, 2015).

De acordo com Malavolta, Gomes e Alcarde (2002) e Santos *et al.* (2015) a torta de filtro é obtida como resíduo da fabricação do açúcar logo após a extração da sacarose residual das borras resultantes da clarificação e há duas maneiras de utilizá-la: na dose de 40 a 50 t ha⁻¹ por meio de distribuição a lanço e incorporação como o esterco de curral, misturada a outros adubos no sulco de plantio. Há grande variação na sua composição química, mas, em geral, possui teores razoáveis de nitrogênio e fósforo e pequena quantidade de potássio, assim é necessário corrigir a composição com cloreto de potássio no caso da adubação somente com a torta de filtro.

A composição química média da torta de filtro, segundo Almeida Júnior (2010), pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2. Composição média da torta de filtro

Componentes	Teor na matéria seca (%)	
	Mínimo	Máximo
N	1,10	1,40
P ₂ O ₅	1,04	2,55
K ₂ O	0,30	0,96
CaO	4,07	5,46
MgO	0,15	0,56
S	2,70	2,96
Matéria Orgânica	77	85

Fonte: Ferreira *et al.* (1988 apud ALMEIDA JÚNIOR, 2010).

A matéria orgânica da torta de filtro, segundo Fravet (2010), tem um importante papel, tal como a vinhaça, na melhoria da fertilidade do solo e nas suas propriedades físicas, pois: a) aumenta a capacidade de retenção de água, já que é higroscópica, chegando a reter água em até 6 vezes o seu próprio peso; b) reduz a densidade aparente do solo e aumenta sua porosidade total; c) forma agregados capazes de reduzir a erosão e aumentar a capacidade de absorção do solo; d) aumenta a capacidade de troca catiônica pela ação de micelas húmicas coloidais com atividade superior às argilas; e) aumenta os teores de nitrogênio, fósforo e enxofre a partir da decomposição e mineralização da matéria orgânica, além de

aumentar o teor da própria matéria orgânica; f) reduz a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, bloqueando os sítios de fixação com os radicais orgânicos; g) forma quelatos solúveis de ferro, manganês, zinco e cobre, disponibilizando-os às raízes; e h) favorece a atividade microbiológica e a adição de novos microrganismos.

Todas essas propriedades, quando reagem no solo, formam húmus, que proporciona um excelente ambiente radicular mesmo em solos mais pobres e potencializa, assim, a absorção de nutrientes.

3.3 Ambientes de produção

Na agricultura ocorrem diversas situações que exigem inovações, para isso deve-se ter atenção especial para os aspectos dos ambientes, tais como a vegetação natural, frequência de chuva, morfologia do solo, adaptação das plantas a determinados tipos de terreno, e de manejo (KER, 2006).

A base do ambiente de produção consiste no levantamento de solos associado com dados climáticos e conhecimento do nível tecnológico da empresa. (DEMATÊ, 2007).

Em 1997, a Coopersucar definiu os ambientes de produção de cana-de-açúcar baseado unicamente nas condições químicas pedológicas, as quais foram representadas pelas letras A, B, C, D e E (JOAQUIM *et al.*, 1997).

Os solos que pertencem à classe A (ambiente A), por exemplo, têm o melhor potencial para o desenvolvimento e rendimento da cultura da cana-de-açúcar; os de classe B (ambiente B) têm menor potencial que os da classe A; e assim sucessivamente até a classe E (ambiente E), em que estão incluídos os solos de menor potencial (BERTOLANI *et al.*, 2015).

Com a definição das classes de potencial de produção, denominados ambientes de produção (A, B, C, D e E) foi também possível determinar as faixas de produtividade de cana-de-açúcar para cada ambiente (Tabela 3).

Tabela 3 – Expectativa de produtividade de cana-de-açúcar (média de quatro cortes) em toneladas de colmo por hectare (TCH), dos ambientes de produção.

Ambiente de produção	Potencial de produtividade	Tonelada de cana por hectare (TCH)
A	Alto	≥ 95
B	Médio/Alto	90 - 95
C	Médio	85 - 90
D	Médio/Baixo	80 - 85
E	Baixo	≤ 80

Fonte: Joaquim *et al.* (1997).

Posteriormente, Prado (2018) redefiniu os ambientes de produção de cana-de-açúcar em função das condições físico-hídricas, morfológicas, químicas e mineralógicas dos solos, sob manejo adequado da camada arável em relação ao preparo; calagem; adubação; palha; controle de ervas daninhas e pragas; sempre associadas com as propriedades da subsuperfície dos solos e, principalmente, com o clima local (precipitação pluviométrica, temperatura, radiação solar, evaporação).

Segundo o mesmo autor, os componentes dos ambientes de produção são representados pela profundidade, que tem relação direta com a disponibilidade de água e o volume de solo explorado pelas raízes; fertilidade como fonte de nutrientes para as plantas; a textura que está relacionada com os níveis de matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e disponibilidade hídrica, e pela água como parte da solução do solo, vital para a sobrevivência das plantas.

A Tabela 4 apresenta os diversos ambientes de produção de cana-de-açúcar.

Tabela 4. Ambientes de produção da cana-de-açúcar.

Ambiente	TCH5 (Mg ha⁻¹)	Solos
A1	> 100	ADA; e, ef, m, mf; CTC média/alta: Argilossolos, Latossolos, Nitossolos, Chernossolos, Cambissolos, Gleissolos
A2	96-100	ADM; e, ef; CTC média/alta: Argilossolos, Latossolos, Nitossolos, Cambissolos, Gleissolos
B1	92-96	ADA; mf, m; CTC média/alta: Argilossolos, Latossolos, Cambissolos ADM; ma*; CTC média/alta: Argilossolos ADM; e, m; CTC baixa: Argilossolos ADB; ef, e; CTC média/alta: Argilossolos, Latossolos, Cambissolos

B2	88-92	ADM; m; mf; d; CTC média/baixa: Argilossolos, Latossolos, Cambissolos ADB; e; m; CTC baixo: ArgilossolosADA; a; CTC alta: Gleissolos
C1	84-88	ADM; d; CTC média/baixa: ArgilossolosADM; ma*; CTC média/alta: Latossolos ADM; e; CTC média/alta: Cambissolos ADB; ef; CTC alta: Nitossolos ADB; e, m; CTC média/baixa: ArgilossolosADB; df, d; CTC média/alta: Latossolos
C2	80-84	ADM; a*, d; CTC média/alta: Argilossolos ADM; d, a; CTC média/alta: Cambissolos ADB; d; CTC baixa: Latossolos ADB; d; CTC média/baixa: Argilossolos ADMB; ef; e; mf; m; CTC média/alta: Latossolos
D1	76-80	ADM; a, ma; CTC média/baixa: ArgilossolosADM; d, a; CTC média/alta: Cambissolos ADB; wf; w; CTC média/alta: Latossolos ADB; d; CTC média/baixa: Argilossolos ADMB; e; m; CTC média: Latossolos
D2	72-76	ADM; a, ma; CTC média/baixa: ArgilossolosADB; ma; CTC baixa: Latossolos ADM; e; m; CTC baixa; A chermozênico: Neossolos Litólico ADB; d; CTC baixa: Argilossolos ADMB; e; m; CTC baixa: LatossolosADM; d; CTC média: Cambissolos
E1	68-72	ADB; a, ma; CTC média/baixa: ArgilossolosADB; e; m; CTC baixa: Argilossolos ADB; e; m; CTC média/alta: Plintossolos Háplico ADMB; d; ma; wf; w; CTC média/alta: LatossolosADMB; ma; CTC média/alta: Argilossolos
E2	<68	ADEB; e; m; d; ma; a; aa; CTC baixa/média/alta: Argilossolos, Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólico A moderado, Plintossolos Petrico

Fonte: Prado (2005). 1. Água disponível: ADA: água disponível alta, ADM: água disponível média, ADB: água disponível baixa, ADMB: água disponível muito baixa, ADEB: água disponível extremamente baixa; *a cor com mosqueamento aumenta a disponibilidade hídrica. 2. Química abaixo da camada arável: ef: eutroférico; e: eutrófico, mf: mesotroférico, m: mesotrófico, df: distroférico, d: distrófico, wf: acriférico, w: ácrico; ma: mesoálico, a: álico, aa: alumínico. 3. CTC do solo na camada arável: alta, maior que 8 cmolc kg⁻¹; média, 4 a 8 cmolc kg⁻¹; baixa, menor que 4 cmolc kg⁻¹

4 MATERIAL E MÉTODOS

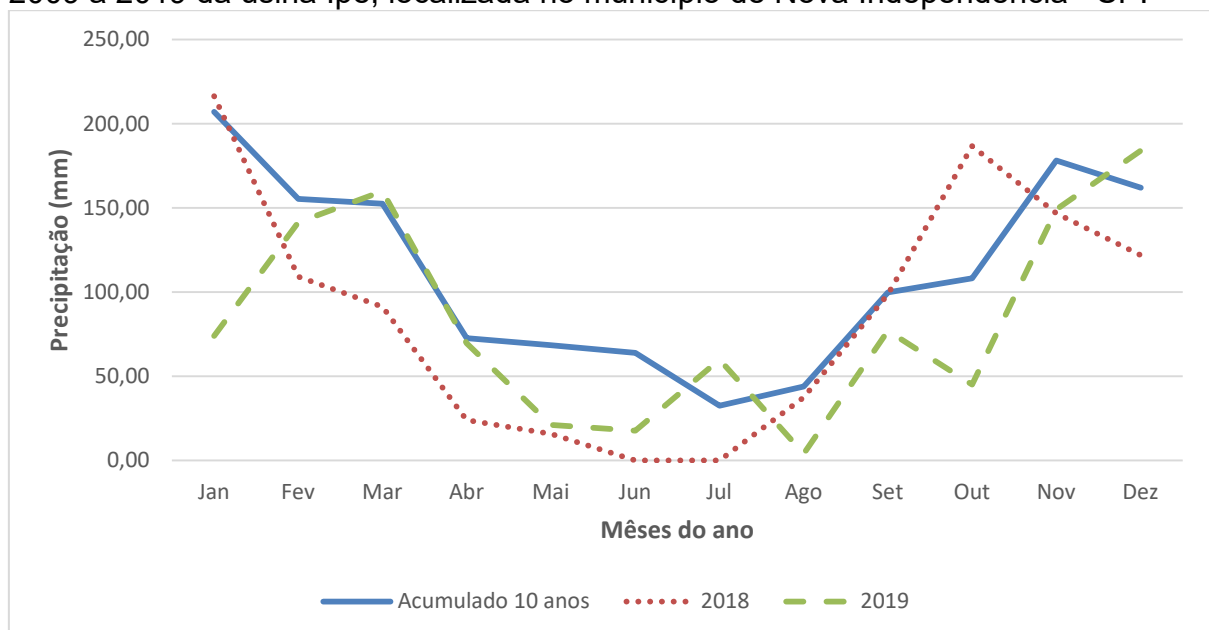
4.1 Características e localização da área de trabalho

A pesquisa foi conduzida na usina Ipê, localizada no município de Nova Independência – SP, na região noroeste do estado de São Paulo, por um período de duas safras consecutivas (2018/2019) e (2019/2020) e as cultivares de cana-de-açúcar utilizadas foram (RB966928) e (CTC 4), sendo estas as mais representativas da região praticadas por aquela empresa.

4.2 Caracterização climática

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw (tropical quente e úmido, com estação chuvosa e seca). A precipitação média anual, conforme dados históricos, (2009 a 2019) é de 1.344,47 mm. Durante o período de estudo, a precipitação total para o ano de 2018 foi de 1.047,80 mm e para o ano de 2019 foi de 1.002,80 mm, conforme gráfico abaixo.

Gráfico 1. Histórico de chuvas ocorrida nos anos de 2018 e 2019 e acumulado de 2009 a 2019 da usina Ipê, localizada no município de Nova Independência - SP.



Fonte: Autor (2021).

4.3 Manejo nutricional utilizado pela usina

4.3.1 Calagem no preparo de solo

Para o cálculo de calagem realiza-se o método da elevação da porcentagem de saturação por bases, no qual utiliza-se a fórmula:

$$\text{Necessidade de calcário} = (V2 - V1) \times T / \text{PRNT}$$

$$V2 = 70\% \text{ (valor praticado pela usina)}$$

4.3.2 Adubação mineral no plantio

No sulco utiliza-se a fórmula 06-30-10 na dose de 540 kg ha⁻¹. Após 90 dias, é realizada uma cobertura com a fórmula 15-00-30 na dose de 270 kg ha⁻¹

4.3.3 Adubação orgânica no plantio

Aplica-se a torta de filtro antes do plantio a uma profundidade de 30 cm. Este adubo orgânico possui em média 55% de umidade e utiliza-se a dose de 15 t há⁻¹

Composição do composto na base seca (N 0,44g/kg; P – 0,72 g/kg; K – 0,34 g/kg; Ca – 1,61 g/kg; Mg – 0,36 g/kg e S – 0,28 g/kg).

No plantio, sulca-se com a fórmula 04-20-18 na dose de 260 kg ha⁻¹. Após 90 dias realiza-se a cobertura com a fórmula 00-00-60 na dose de 170 kg há⁻¹

4.3.4 Adubação de soqueira de safra

Vinhaça – Aplica-se 150m³ há⁻¹ com média de 2,40 kg de K₂O m⁻³

Adubação mineral – Utiliza-se a fórmula 19-05-22 e a dose é variável de acordo com a produtividade.

Produtividade (t ha ⁻¹)	Dose a ser aplicada (kg ha ⁻¹)
0 - 80	450
80 - 100	550
>100	650

4.3.5 Calagem em soqueira de safra

Realiza-se sempre que a soma de Ca + Mg for menor que 21 cmol_c dm⁻³

A dose varia de acordo com o tipo de adubação utilizada.

Tipo de adubação	Dose (kg ha ⁻¹)
Vinhaça	640
Mineral	370

4.4 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento de blocos inteiramente casualizados com dez repetições em ambientes de produção C e D. Cada repetição foi representada por um talhão, com área entre 8 a 12 hectares, dentro da área de cultivo da usina, selecionando-se aqueles que apresentavam – se homogêneos, entre os anos de 2018 e 2019. Foram estudadas duas cultivares de cana-de-açúcar: RB966928 e CTC 4. As parcelas foram constituídas por 6 tratamentos, sendo 3 manejos e 2 ambientes de produção.

4.5 Escolha dos locais

Juntamente com a usina, verificou-se o histórico de adubação de diversas áreas e ambientes de produção, cujo objetivo foi encontrar canaviais que se encontravam em outubro de 2018 na fase de soqueira (2° corte) e que receberam diferentes tipos de manejo de adubação e fossem representativos em termos de

região.

Foi realizada uma seleção prévia dos talhões junto ao departamento técnico da usina e escolhidos aqueles que possuíam as características desejáveis para a realização do experimento. A usina forneceu histórico destes talhões com as seguintes informações: data de plantio; espaçamento praticado (a usina adota um padrão de 1,5m entre linhas); cultivar da cana da cana-de-açúcar; tipos de adubação e dose praticada na época do plantio e nas soqueiras de safra.

Depois foi realizada uma seleção destes talhões a campo, sempre levando em consideração os que apresentassem as melhores condições de topografia (declividade), sanidade e uniformidade de desenvolvimento vegetativo.

Para cada cultivar de cana-de-açúcar foi escolhido um bloco de 10 talhões que possuíam as mesmas características, ou seja, (ambiente de produção; manejo de adubação no plantio e manejo de adubação na soqueira), que estão descritas conforme Quadro 1.

Quadro1. Manejo de adubação (plantio e soqueira) por ambiente de produção.

Tratamentos	Ambientes	Manejo Adubação no Plantio	Manejo Adubação na Soqueira
T1	C	Adubo Mineral	Adubo Mineral
T2	C	Adubo Mineral	Vinhaça
T3	C	Torta de Filtro	Vinhaça
T1	D	Adubo Mineral	Adubo Mineral
T2	D	Adubo Mineral	Vinhaça
T3	D	Torta de Filtro	Vinhaça

4.6 Caracterização das cultivares

Dentro dos aspectos gerais da cultivar RB966928, destacam-se alto perfilhamento em cana-planta e em cana-soca, com excelente fechamento de entrelinhas, médio teor de sacarose aliada com a alta produtividade agrícola, excelente brotação em cana-planta e em soqueiras. Possui elevada sanidade às principais doenças. Produção agrícola alta, PUI médio e maturação precoce a média. Com relação ao manejo recomenda-se plantar em ambientes de médio a alto potencial, com colheita no início a meio de safra. (RIDESA, 2010; OLIVEIRA; HOFFMANN, 2015).

Dentro dos aspectos gerais da cultivar CTC 4, destacam-se adaptabilidade a colheita e plantio mecanizados, resistência ao pisoteio das máquinas. bom perfilhamento em cana-planta e em cana-soca, bom fechamento de entrelinhas, alto teor de sacarose aliada com a alta produtividade agrícola, excelente brotação em cana-planta e em soqueiras. Recomendada plantar em ambientes de médio para bom potencial; colher no meio da safra (CANAONLINE, 2021).

4.7 Condução do experimento

Dentro de cada bloco, as amostragens foram individualizadas por talhões. A área de cada talhão variou de 8 a 12 hectares. As amostragens de solo foram realizadas no mês de janeiro dos anos 2019 e 2020 com o auxílio de um trado e seguiram as recomendações de Viiti e Mazza (2002), sendo realizadas a 25 cm das linhas de plantio. Foram coletadas amostras nas camadas 0 a 20 e de 20 a 40 cm, padrão este utilizado pela usina, sendo cada amostra composta, coletadas em 30 pontos diferentes dentro do talhão.

Após a homogeneização das amostras compostas, uma porção de aproximadamente 0,5 dm³ do material, devidamente identificado e acondicionado em caixinhas de papelão, foi enviado ao laboratório de análises químicas e físicas de solos da Universidade Oeste Paulista - UNOESTE.

Foram determinados, conforme métodos rotineiros, para a camada de 0 a 20 cm analisou-se: pH, MO, P, K, S, Al³⁺, H + Al, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, CTC, M% e V% mais os micronutrientes B; Cu²⁺; Fe³⁺; Mn²⁺ e Zn²⁺. Para a camada de 20 a 40 cm analisou-se: pH, MO, P, K, S, Al³⁺, H + Al, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, CTC, M% e V%.

As amostragens foliares seguiram as recomendações de Raij & Cantarella (1997), sendo que foram realizadas no mês de janeiro dos anos de 2019 e 2020, quando as plantas encontravam-se em plena fase de desenvolvimento vegetativo, especificamente nos meses de janeiro a meados de fevereiro.

Para cada talhão foram realizados 30 pontos de amostragem e em cada ponto, coletadas 5 folhas de plantas diferentes. De cada planta foi coletada a folha +1 (folha mais alta com colarinho visível "TVD"), os 20 cm centrais, excluída a nervura central.

As coletas das amostras foliares foram acondicionadas em sacos de papel e enviadas ao laboratório de análises químicas de tecidos vegetais da Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, indicando os nutrientes a serem analisados.

Na sequência as amostras foram lavadas com água corrente e enxaguadas com água destilada. Depois foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 60-65 °C, até peso constante, e após a secagem, o material foi submetido à moagem, em moinho tipo Wiley com malha de 20 mesh (0,85 mm), mineralizações e análises, conforme métodos rotineiros, obtendo-se os teores de N total; P; K²⁺; Ca²⁺; Mg²⁺; S; B, Cu²⁺; Fe³⁺; Mn²⁺ e Zn²⁺.

As informações de produtividade de colmos (TCH) e de açúcar total redutor (ATR) foram fornecidas pela usina.

4.8 Análise estatística

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em que quando a interação ambientes de produção e tratamentos foi significativa, e realizado o desdobramento estatístico para esses fatores através do software Sisvar para Windows, versão 5.3. As Tabelas da análise de variância para todos as variáveis estão apresentados no apêndice.

5 RESULTADOS

5.1 Tabelas referentes ao cultivar RB966928

Na profundidade de 0 a 20 cm, no ano de 2018, observou-se que os valores para potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P) e potássio (K) dos tratamentos T2 e T3 foram maiores que T1, para os ambientes C e D (TAB. 5). No ambiente C, verificou-se que os valores foram maiores para a matéria orgânica do solo (MOS) no tratamento T2. No ambiente D, notou-se que os valores foram maiores para hidrogênio mais alumínio (H+Al) em T1. Com relação ao Alumínio (Al), o valor para o ambiente D foi maior em T1.

Em 2019, observou-se que os valores para pH, P e K foram maiores nos tratamentos T2 e T3, e H + Al foi maior em T1, para os ambientes C e D. No ambiente C, o valor da MOS foi maior em T2, alumínio (Al) e H + Al maior em T1. Com relação ao pH, o valor para o ambiente D foi maior em T3. Para MOS, os valores para o ambiente D foram maiores em T1, T2 e T3. Para P, os valores para o ambiente D foram maiores em T2. Para o Al, os valores para o ambiente D foi maior em T1. Para H+Al, os valores para o ambiente C foram maiores em T1 e T3.

Na profundidade de 20 a 40 cm, em 2018, no ambiente D observou-se que MOS e Al foram maiores em T1, que Ph e K foram maiores em T2 e T3 e P maior em T3. No ambiente C, observou-se que P foi maior em T3 e K em T2 e T3. Para MOS e enxofre (S), os valores para o ambiente C foram maiores em T2 (TAB. 5).

Em 2019, no ambiente C, MOS e K foram maiores em T2. Em ambiente D, foi observado que H + Al foi maior em T1, e que pH, MOS e K foram maiores em T2 e T3. No ambiente D, notou-se que MOS é maior em T3. Em ambiente C, H+Al é maior em T1, pH, S e H+Al maior em T2 e pH e H+Al maior em T3 (TAB. 5).

Tabela 5. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al) e potássio (K) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	pH		M.O.S.		P		S		Al		H + Al		K	
		CaCl ₂		g dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Profundidade de 0 a 20 cm															
2018	T1	4,91Ab	4,71Ab	8,77Ab	9,54Aa	4,18Ab	5,80Ab	2,61Aa	2,20Aa	1,14Ba	2,84Aa	20,57Aa	24,05Aa	2,46Ab	2,13Ab
	T2	5,78Aa	5,78Aa	11,06Aa	8,12Ba	18,61Aa	20,58Aa	2,53Aa	1,30Aa	0,00Aa	0,30Ab	15,78Aa	14,16Ab	5,63Aa	4,61Aa
	T3	5,79Aa	5,80Aa	8,24Ab	8,95Aa	14,94Aa	15,08Aa	2,20Aa	2,65Aa	0,58Aa	0,65Ab	15,20Aa	16,83Ab	5,34Aa	5,27Aa
2019	T1	4,53Ab	4,55Ab	10,93Bab	13,50Aa	3,92Ab	5,38Ab	2,17Aa	1,78Aa	1,03Ba	2,56Aa	24,18Aa	20,28Ba	2,36Ab	1,88Ab
	T2	5,55Aa	5,78Aa	12,15Ba	15,10Aa	14,03Ba	17,80Aa	2,25Aa	1,33Aa	0,00Aa	0,32Ab	17,52Ab	18,12Aab	5,35Aa	4,06Aa
	T3	5,47Ba	5,98Aa	8,47Bb	14,56Aa	13,43Aa	14,76Aa	2,40Aa	1,20Aa	0,57Aa	0,61Ab	18,63Ab	13,99Bb	5,48Aa	4,56Aa
Profundidade de 20 a 40 cm															
2018	T1	4,91Aa	4,76Ab	8,18Aa	7,57Aa	3,63Ab	3,40Ab	3,52Aa	2,04Aa	2,14 Aa	1,07Aa	24,31Aa	24,99Aa	2,28Ab	1,56Ab
	T2	5,34Aa	5,73Aa	8,12Aa	5,74Bb	8,12Aab	8,64Aab	4,42Aa	1,79Ba	0,78Aa	0,43Ab	24,38Aa	17,62Ba	6,49Aa	4,91Aa
	T3	5,58Aa	5,57Aa	6,78Aa	6,29Aab	11,00Aa	9,58Aa	4,11Aa	3,38Aa	0,69Aa	0,48Ab	19,77Aa	18,83Aa	4,90Aa	4,68Aa
2019	T1	4,58Aa	4,90Ab	10,02Aab	10,21Ab	3,68Ab	3,48Ac	3,01Aa	1,66Aab	1,10Aa	2,53Aa	21,49Aa	18,35Ba	1,71Ab	2,32Ab
	T2	4,62Ba	5,65Aa	11,69Aa	12,96Aa	9,26Aa	8,93Ab	3,70Aa	1,37Bb	0,81Aa	0,46Ab	22,74Aa	17,84Bab	6,22Aa	5,22Aa
	T3	4,89Ba	5,81Aa	8,89Bb	12,52Aa	11,73Aa	9,69Ba	3,65Aa	3,11Aa	0,93Aa	0,50Ab	19,56Aa	14,98Bb	4,66Aa	5,31Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Na profundidade de 0 a 20 cm, no ano de 2018, observou-se que para ambiente C os valores magnésio (Mg), soma de bases (SB) são maiores em T2. Em ambiente D, percentagem de saturação por alumínio (m%) foi maior em T1, percentagem de saturação por bases (V%) foi maior em T2 e Mg, SB, e V% foram maiores em T3 (TAB. 6). Em ambiente C, m% é maior em T1.

Em 2019, em ambiente C, notou-se que capacidade de troca catiônica (CTC) foi maior em T3 e que Ca, Mg, SB, m% e V% foram maiores em T2 e T3. Que em ambiente D, m% foi maior em T1 e V% maior em T3.

Na profundidade de 20 a 40 cm, em 2018 no ambiente D, foi observado que M% foi maior em T1 e SB somente em T3. Em 2019, em ambiente C, verificou-se que o V% foi maior em T3 e em ambiente D, M% foi maior em T1, V% e SB foram maiores em T3 (TAB. 6). Em ambiente D, V% é maior em T3.

Tabela 6. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por alumínio (M%) e percentagem de saturação por bases (V%) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	Ca		Mg		SB		CTC		m		V%	
		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		%		%	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Profundidade de 0 a 20 cm													
2018	T1	10,86Aa	8,55Aa	5,27Ab	3,24Ab	18,59Ab	13,92 Ab	39,16Aa	37,97Aa	2,60Ba	7,57Aa	46,33Ab	33,70Ab
	T2	17,21Aa	12,56Aa	11,47Aa	7,48Bab	34,31Aa	24,65Aab	50,09Aa	38,81Ba	0,00Aa	0,70Ab	65,74Aa	60,96Aa
	T3	14,10Aa	17,29Aa	8,55Aab	9,77Aa	27,99Aab	32,3Aa	43,19Aa	49,16Aa	1,03Aa	0,90Ab	64,87Aa	63,66Aa
2019	T1	9,64Ab	17,05Aa	6,71 Ab	11,60Aa	18,71Ab	30,53Aa	42,89Ab	50,81Aa	2,27Ab	5,12Aa	41,00Bb	54,86Ab
	T2	21,58Aa	24,87Aa	13,25 Aa	17,28Aa	40,18Aa	46,21Aa	57,70Aab	64,33Aa	0,00Aa	0,77Ab	66,68Aa	68,83Aab
	T3	25,41Aa	21,09Aa	15,00 Aa	17,42Aa	45,89Aa	43,07Aa	64,52Aa	57,06Aa	0,85Aa	0,85Ab	71,20Aa	73,69Aa
Profundidade de 20 a 40 cm													
2018	T1	9,31Aa	7,62Aa	5,76Aa	4,32Aa	17,35Aa	13,50Ab	41,61Aa	38,49Aa	2,44Ba	5,37Aa	40,61Aa	32,08Ab
	T2	10,11Aa	9,36Aa	6,82Aa	6,02Aa	23,42Aa	20,29Aab	47,80Aa	37,91Ba	1,34Aa	1,18Ab	50,23Aa	51,90Aa
	T3	10,29Aa	11,69Aa	6,61Aa	7,32Aa	21,80Aa	23,69Aa	41,57Aa	42,52Aa	1,55Aa	1,15Ab	52,30Aa	54,23Aa
2019	T1	7,96Aa	7,27Ab	4,70Aa	3,92Aa	14,37Aa	13,51Ab	35,86Aa	31,86Aa	3,08Aa	7,13Aa	32,46Ab	39,99Ab
	T2	6,59Aa	10,62Aab	5,41Aa	5,38Aa	18,22Aa	21,22Aab	40,96Aa	39,06Aa	1,94Aa	1,23Ab	43,64Aab	53,68Aa
	T3	9,05Aa	14,08Aa	5,47Aa	6,14Aa	19,18Aa	25,53Aa	38,74Aa	40,51Aa	2,10Aa	1,17Ab	49,65Ba	62,50Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Em 2018, em ambiente C, verificou-se que o manganês (Mn) foi maior em T1 e cobre (Cu) foi maior em T3. No ambiente D, que o manganês (Mn) foi maior em T1, o ferro (Fe) e Cu em T2 e T3 (TAB. 7)

Em 2019, no ambiente C, o manganês (Mn) foi maior em T1, e o cobre (Cu) e boro (Bo) em T3. No ambiente D, verificou-se que o Mn foi maior em T1, Cu maior em T3 e observou-se que tanto o Fe quanto o Zn foram maiores em T2 e T3.

Tabela 7. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, na profundidade de 0 a 20 cm, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Profundidade de 0 a 20 cm											
2018	T1	0,37Aa	0,35Aa	1,01Ab	0,47Ab	34,30Aa	17,97Ab	15,85Aa	16,81Aa	0,89Aa	0,53Ab
	T2	0,37Aa	0,33Aa	0,71Ab	0,67Ab	56,90Aa	50,98Aa	7,49Ab	7,93Ab	0,94Aa	0,93 Aab
	T3	0,33Aa	0,36Aa	1,92Aa	1,70Aa	40,63Aa	45,55Aa	9,01Ab	11,02Aab	0,62Ba	1,04Aa
2019	T1	0,27Ab	0,30Aa	1,11Ab	0,65Ab	35,77Aa	17,21Bb	15,15Aa	15,51Aa	0,72Aa	0,43Ab
	T2	0,34Aab	0,38Aa	0,70Ab	0,66Ab	50,93Aa	47,36Aa	7,80Ab	8,20Ab	0,86Aa	0,84Aa
	T3	0,36Aa	0,38Aa	2,08Aa	1,77Aa	38,24Aa	38,03Aa	10,33Aab	10,47Aab	0,54Ba	0,93Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Em 2018, no ambiente C, notou-se que o nitrogênio total (N_{Total}), Ca e S foram maiores em T2 e K foi maior em T2 e T3. Em ambiente D, observou-se que N_{Total} e Ca foram maiores em T2 e K e S foram maiores em T2 e T3 (TAB. 8). Para Ca, os valores de T1 foram maiores no ambiente D em relação ao ambiente C.

Em 2019, observou-se no ambiente C, verificou-se que Ca foi maior em T1 e T2 e K foi maior em T2 e T3. Em ambiente D, observou-se que K foi maior em T2 e T3. Para P, os valores foram maiores em T2 e T3 no ambiente D. E para Ca, os valores de T1 e T2 foram maiores para ambiente C.

Tabela 8. Efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: nitrogênio total (N total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	N Total		P		K		Ca		Mg		S	
		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
2018	T1	14,44Aab	13,95Aab	2,38Aa	2,12Aa	9,79Ab	9,29Ab	1,61Bb	3,14Ab	1,48Aa	1,88Aa	1,25Ab	1,00Bb
	T2	15,29Aa	15,31Aa	2,33Aa	2,42Aa	12,93Aa	13,59Aa	4,17Aa	4,83Aa	1,86Aa	1,83Aa	1,51Aa	1,32Aa
	T3	13,88Ab	13,79Ab	2,15Aa	2,10Aa	13,26Aa	12,73Aa	2,38Ab	3,25Ab	1,59Aa	1,70Aa	1,29Aab	1,32Aa
2019	T1	12,39Aa	11,91Ab	1,99Aa	1,86Ab	9,78Ab	9,67Ab	1,68Aa	2,78Aa	1,79Aa	1,75Aa	1,44Aa	1,25Aa
	T2	12,85Aa	12,10Aab	1,81Ba	2,27Aa	14,78Ba	17,28Aa	3,91Aa	4,43Aa	1,80Aa	1,88Aa	1,14Bb	1,42aa
	T3	12,11Aa	12,91Aa	1,71Bb	2,13Aa	15,22Aa	16,06Aa	2,36Aab	3,01Aa	1,35Bb	1,74Aa	1,11Bb	1,43Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Em 2018, observou-se que o Cu e o Mn foram maiores no T3 no ambiente C.

Em 2019, observou-se que o Cu foi maior em T3 em ambiente C

Tabela 9. Efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
2018	T1	12,25Aa	12,35Aa	32,2Aab	30,92Aa	112,72Aa	90,08Aa	112,72Aab	40,82Aa	52,93Aa	48,99Aa
	T2	15,45Aa	16,35Aa	20,39Ab	25,58Aa	147,67Aa	146,40Aa	25,57Ab	26,75aa	35,76Aa	33,02Aa
	T3	12,05Aa	15,20Aa	34,35Aa	29,60Aa	126,29Aa	126,87Aa	50,58Aa	36,51Aa	32,74Aa	31,76Aa
2019	T1	10,55Aa	11,05Aa	13,99Aab	18,85Aa	100,37Aa	94,06Aa	67,43Aa	46,74Ba	8,38Ab	10,16Aa
	T2	10,55Aa	10,35Aa	10,54Ab	22,01Aa	96,18Aa	92,10Aa	60,27Aa	52,61Aa	11,72Aa	9,71Aa
	T3	10,25Aa	9,75Aa	35,45Aa	26,56Aa	99,41Aa	92,41Aa	48,68Aa	58,92Aa	10,52Aab	8,21Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

5.2 Tabelas referentes ao cultivar CTC 4

Na profundidade de 0 a 20 cm, em 2018, notou-se que o P foi maior em T2 e T3 no ambiente C. observou-se que o pH e P foram maiores no T3 no ambiente D. Notou-se que o K foi maior no T3 em ambos os ambientes (C e D). Em ambiente C, T3 é maior para K (TAB. 10).

Em 2019, no ambiente C, observou-se que o pH, MOS, P e o K foram maiores no T2 e o P também foi maior no T3. Já no ambiente D, observou-se que o pH, P e o K foram maiores no T3. Em ambiente C, os valores de P foram maiores em T2 e T3.

No ambiente de 20 a 40 cm, no ambiente C, notou-se que MOS foi maior em T1, verificou-se que a MOS e pH foram maiores em T2, e que P e K foram maiores em T3. Já no ambiente D o pH e o P foram maiores no T3. Em 2019, no ambiente C notou-se que pH, MOS e H+Al foram maiores no T2, já os atributos H+Al, P e K foram maiores no T3. A MOS foi maior em T1 e T2. No ambiente D, verificou-se que a MOS foi maior no T2 e MOS e pH foram maiores em T3 (TAB. 10)

Tabela 10. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al) e potássio (K) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	pH		M.O.S.		P		S		Al		H + Al		K	
		CaCl ₂		g dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Profundidade de 0 a 20 cm															
2018	T1	4,70Aa	4,88Ab	8,11Aa	7,67Aa	5,35Ab	6,47Ab	3,01Aa	2,47Aa	3,08Aa	1,51Aa	19,07Aa	20,27Aab	1,74Ab	2,11Ab
	T2	5,35Aa	4,92Ab	11,20Aa	9,55Aa	10,84Aa	6,74Bb	4,34Aa	3,37Aa	1,62Aa	2,08Aa	18,48Aa	23,41Aa	3,30Aab	3,38Ab
	T3	4,95Ba	6,05Aa	10,18Aa	9,18Aa	11,45Aa	10,94Aa	2,34Aa	2,10Aa	1,51Aa	0,00Aa	19,50Aa	12,77Ab	3,34Ba	5,70Aa
2019	T1	5,07Ab	4,60Bb	7,05Ab	6,11Aa	4,50Ab	4,75Ab	2,37Aa	2,00Aa	2,72Aa	0,85Aa	18,60Aa	19,41Aa	1,44Ac	1,74Ab
	T2	6,22Aa	5,02Bb	9,97Aa	7,70Ba	9,88Aa	5,44Bb	3,55Aa	2,75Aa	1,52Aa	2,07Aa	14,81Aa	19,82Aa	5,25Aa	2,30Bb
	T3	4,94Bb	6,21Aa	8,01Aab	7,78Aa	10,94Aa	8,50Ba	1,81Aa	1,68Aa	0,87Aa	0,00Aa	19,68Aa	11,67Bb	3,64Ab	4,48Aa
Profundidade de 20 a 40 cm															
2018	T1	5,07Ab	4,60Ab	7,05Ab	6,11Aa	4,50Ab	4,75Ab	2,37Aa	2,00Aa	2,72Aa	0,85Aa	18,60Aa	19,41Aa	1,44Ac	1,74Ab
	T2	6,22Aa	5,02Bb	9,97Aa	7,70Ba	9,88Aa	5,44Bb	3,55Aa	2,75Aa	1,52Aa	2,07Aa	14,81Aa	19,82Aa	5,25Aa	2,30Bb
	T3	4,94Bb	6,21Aa	8,01Aab	7,78Aa	10,94Aa	8,50Ba	1,81Aa	1,68Aa	0,87Aa	0,00Aa	19,68Aa	11,67Bb	3,64Ab	4,48Aa
2019	T1	5,08Ab	4,77Ab	5,94Aa	5,28Ab	2,95Ab	3,91Aa	1,80Aa	2,22Aa	2,24Aa	3,52Aa	22,48Ab	23,61Aab	1,71Ab	1,64Aa
	T2	5,87Aa	4,97Bb	9,07Aa	6,85Ba	4,24Aab	4,82Aa	1,70Aa	2,18Aa	0,92Aa	3,71Aa	17,32Ba	28,75Aa	2,28Aab	1,87Aa
	T3	4,98Bb	5,78Aa	7,41Ab	6,48Ba	4,97Aa	4,91Aa	1,82Aa	2,22Aa	3,20Aa	0,00Aa	23,40Aa	14,174Bb	2,87Aa	2,31Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Na profundidade de 0 a 20 cm, em 2018, no ambiente D, observou-se que o Ca, Mg, SB e V% foram maiores em T3. Em 2019, em ambiente C, notou-se que o Ca, SB e V% foram maiores em T2 e em ambiente D, o CTC foi maior em T2, e que o Mg, SB e V% foram maiores em T2. No ambiente D, notou-se que Ca e CTC foram maiores em T2, e Ca, SB e V% maiores em T3.

Na profundidade de 20 a 40 cm em 2018, no ambiente C, observou-se que Ca, SB e V% foram maiores em T2 e em ambiente D, e que o Mg e V% foram maiores em T3 e que o Ca, SB e CTC foram maiores em T2 e T3.

Em 2019, no ambiente C, observou-se que o Ca, Mg, SB e V% foram maiores em T2 e em ambiente D, notou-se que o CTC foi maior em T2 e que o Ca, Mg, SB e V% foram maiores em T3.

Tabela 11. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por alumínio (M%) e percentagem de saturação por bases V%) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	Ca		Mg		SB		CTC		M%		V%	
		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		%		%	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Profundidade de 0 a 20 cm													
2018	T1	9,10Aa	7,50Ab	4,45Aa	2,77Ab	15,30Aa	12,38Ab	34,37Aa	32,65Ab	15,10Aa	11,64Aa	46,08Aa	38,45Ab
	T2	12,77Aa	12,61Aab	7,44Aa	6,04Aab	23,51Aa	22,04Aab	42,00Aa	45,95Aa	12,38Aa	8,81Aa	53,58Aa	50,14Aab
	T3	7,82Ba	14,47Aa	5,41Aa	8,45Aa	16,58Ba	28,62Aa	36,08Aa	41,40Aab	10,41Aa	0,00Aa	44,62Ba	68,14Aa
2019	T1	7,70Ab	6,42Ab	4,11Aa	6,42Ab	13,25Ab	10,50Ac	13,87Aa	29,91 Ab	13,87Aa	8,34Aa	42,70Ab	35,27Ab
	T2	10,41Aa	9,97Aa	6,80Aa	4,98Aab	22,47Aa	17,25Bb	37,28Aa	37,08Aa	5,57Aa	10,12Aa	60,14Aa	47,72Bb
	T3	6,98Bb	11,57Aa	4,94Ba	7,91Aa	15,57Bb	23,97Aa	35,25Aa	35,64Aab	6,34Aa	0,00Aa	44,41Bb	66,94Aa
Profundidade de 20 a 40 cm													
2018	T1	7,70Ab	6,42Ab	4,11Aa	2,32Ab	13,25Ab	10,50Ac	31,85Aa	29,91Ab	13,87Aa	8,34Aa	42,70Ab	35,27Ab
	T2	10,41Aa	9,97Aa	6,80Aa	4,98Aab	22,47Aa	17,25Bb	37,28Aa	37,08Aa	5,57Aa	10,12Aa	60,14Aa	47,72Bb
	T3	6,98Bb	11,57Aa	4,94Ba	7,91Aa	15,57Bb	23,97Aa	35,26Aa	35,64Aab	6,34Aa	0,00Aa	44,41Bb	66,94Aa
2019	T1	6,41Ab	3,90Bc	3,17Ab	1,96Ac	11,30Ab	7,50Bc	33,78Aa	31,11Ab	15,11Aa	25,14Aa	33,44Ab	25,22Ac
	T2	12,10Aa	9,42Bb	5,98Aa	5,01Ab	20,37Aa	16,31Bb	37,70Aa	45,07Aa	4,47Aa	6,392Aa	53,90Aa	40,45Bb
	T3	5,18Bb	11,35Aa	4,07Bab	8,35Aa	12,12Bb	22,02Aa	35,32Aa	36,17Aab	18,34Aa	0,00Bb	34,41Bb	61,96Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Em 2018, observou-se que o B foi maior em T3 no ambiente D.

Tabela 12. Efeito do manejo da adubação nos valores médios do boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, na profundidade de 0 a 20 cm, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		D	C	D	C	D	C	D	C	D	C
Profundidade de 0 a 20 cm											
2018	T1	0,35Aa	0,32Aa	1,42Aa	1,51Aa	41,42Aa	33,85Aa	14,28Aa	13,61Aa	1,15Aa	0,80Aa
	T2	0,37Aa	0,32Aa	1,74Aa	1,74Aa	38,20Aa	30,51Aa	16,54Aa	13,528Aa	1,35Aa	0,88Aa
	T3	0,37Aa	0,30Ba	1,77Aa	1,65Aa	43,42Aa	42,68Aa	13,00Aa	12,75Aa	1,61Aa	1,25Aa
2019	T1	0,21Aa	0,20Aa	1,22Aa	1,21Aa	40,08Aa	21,91Aa	11,15Aa	11,42Aa	1,04Aa	1,05Aa
	T2	0,25Aa	0,20Aa	1,52Aa	1,64Aa	30,97Aa	34,72Aa	14,08Aa	12,05Aa	1,25Aa	1,12Aa
	T3	0,18Aa	0,20Aa	1,25Aa	1,55Aa	34,92Aa	33,40Aa	8,74Aa	10,38Aa	1,21Aa	1,05Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Em 2018, observou-se que S foi maior em T3 no ambiente C e que o P e K foram maiores no T3 no ambiente D.

Em 2019, no ambiente C, observou-se que o Ntotal, K e S foram maiores no T2 e o P e K foram maiores no T3. Já no ambiente D, observou-se que o K foi maior no T3 e o Ca foi maior no T2 (TAB. 13).

Tabela 13. Efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: nitrogênio total (N total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	N Total		P		K		Ca		Mg		S	
		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
2018	T1	14,37Aa	13,61Aa	1,82Aa	1,84Ab	7,62Aa	8,70Ab	3,05Aa	1,77Ba	1,52Aa	1,77Aa	1,15Ab	1,11Aa
	T2	15,10Aa	12,70Ba	1,97Aa	1,90Ab	12,01Aa	10,35Ab	2,20Aa	1,51Aa	1,77Aa	1,51Aa	1,44Aa	1,17Ba
	T3	14,27Aa	14,01Aa	1,96Ba	2,21Aa	10,34Ba	17,54Aa	2,11Aa	1,81Aa	1,65Aa	1,87Aa	1,32Aab	1,27Aa
2019	T1	12,12Aab	12,15Aa	1,72Aab	1,84Aa	7,78Ab	7,92Ac	3,05Aab	1,62Bb	1,42Aa	1,51Aa	1,14Ab	1,11Aa
	T2	12,96Aa	12,72Aa	1,65Ab	1,76Aa	13,41Aa	11,82Ab	2,57Ab	2,82Aa	1,42Aa	1,48Aa	1,42Aa	1,20Ba
	T3	11,55Bb	12,65Aa	1,95Aa	1,92Aa	13,47Aa	15,14Aa	3,55Aa	2,52Bab	1,62Aa	1,28Ba	1,31Aab	1,24Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Em 2018, observou-se que o ferro (Fe) foi maior em T2 e T3 no ambiente C e o Cu foi maior em T1 em ambiente D.

Em 2019, observou-se que o Fe foram maiores no T2 e T3 no ambiente C (TAB. 14).

Tabela 14. Efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
2018	T1	9,57Aa	9,64aa	45,78Aa	47,66Aa	75,60Ab	92,80Aa	53,05Aa	69,25Aa	42,25Aa	33,42Aa
	T2	12,07Aa	12,64Aa	30,71Aa	30,53Aab	134,37Aa	112,66Aa	77,01Aa	60,07Aa	46,30Aa	48,78Aa
	T3	11,07Aa	10,50Aa	36,11Aa	22,11Ab	140,91Aa	102,22Aa	71,11Aa	65,64Aa	47,10Aa	39,98Aa
2019	T1	26,42Aa	26,14Aa	12,35Aa	14,07Aa	87,37Ab	94,00Aa	49,28Aa	63,11Aa	11,04Aa	11,11Aa
	T2	25,50Aa	23,14Aa	21,37Aa	14,31Aa	146,12Aa	114,84Aa	69,07Aa	56,68Aa	15,35Aa	10,81Ba
	T3	15,64Bb	26,71Aa	13,97Aa	9,07Aa	146,65Aa	113,06Aa	65,94Aa	51,08Aa	15,12Aa	6,98Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Com relação a cultivar RB966928, observou-se que em ambos os anos, o TCH foi maior em T2 e T3 em ambientes C e D. Com relação a cultivar CTC 4, observou-se que o TCH foi maior em T2 e T3 em ambientes C e D em 2018 e 2019 (TAB. 15).

5.3 Tabelas referentes ao cultivares RB 966928 e CTC 4

Tabela 15. Efeito do manejo da adubação em duas cultivares de cana (RB966928 e CTC 4) nos valores médios de produtividade de colmos (t colmos ha⁻¹, TCH) e açúcar total redutor (kg açúcar t⁻¹, ATR) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos	Tratamentos	TCH		ATR	
		Ambientes		Ambientes	
		C	D	C	D
Variedade RB966928					
2018	T1	96,5Ab	96,0Ab	131,0Aa	129,4Aa
	T2	105,0Aa	106,5Aa	134,7Aa	132,1Aa
	T3	105,2Aa	109,0Aa	131,6Aa	131,8Aa
2019	T1	72,3Ab	65,1Bb	129,6Aa	128,8Aa
	T2	81,4Aa	77,9Aa	131,9Aa	130,3Aa
	T3	84,7Aa	78,8Aa	128,2Aa	130,8Aa
Variedade CTC 4					
2018	T1	64,8Ab	58,4Ab	155,3Aa	155,2Aa
	T2	78,1Aa	71,0Aa	153,1Aa	152,9Aa
	T3	75,8Aa	71,2Aa	152,1Aa	153,9Aa
2019	T1	58,7Ab	55,8Ab	149,8Aa	153,5Aa
	T2	67,8Aa	68,6Aa	148,6Aa	153,0Aa
	T3	69,7Aa	69,8Aa	148,9Aa	153,9Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Com relação a cultivar RB966928, observou-se que nos anos de 2018 e 2019, o TAH foi maior em T2 e T3 nos ambientes C e D.

Com relação a cultivar CTC 4, observou-se que o TAH foi maior em T2 e T3 nos ambientes C e D.

Tabela 16. Efeito do manejo da adubação em duas cultivares de cana (RB966928 e CTC 4) nos valores médios de produtividade de açúcar ($t \text{ açúcar ha}^{-1}$, TAH) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

+		TAH	
Anos	Tratamentos	Ambientes	
Variedade RB966928			
		C	D
2018	T1	12.667,4Ab	12.408,8Ab
	T2	14.099,7Aa	14.073,2Aa
	T3	13.842,7Aa	14.364,4Aa
2019	T1	9.366,7Ab	8.387,4Bb
	T2	10.732,1Aa	10.156,8Aa
	T3	10.855,6Aa	10.280,5Aa
Variedade CTC 4			
		C	D
2018	T1	10.055,0Ab	9.065,8Ab
	T2	11.924,1Aa	10.853,9Aa
	T3	11.513,4Aa	10.966,3Aa
2019	T1	8.797,1Ab	8.562,4Ab
	T2	10.078,0Aa	10.488,2Aa
	T3	10.387,4Aa	10.740,4Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula para ambiente, na linha, e minúscula para manejo da adubação, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

6 DISCUSSÃO

6.1 Parâmetros de Produção Agroindustrial

Para a cultivar RB966928, verificou-se a produtividade de colmos nos locais que receberam adubação com vinhaça e torta mais vinhaça quando comparados com a adubação mineral, incrementos de 8,8 e 9,0% para ambiente C e de 10,9 e 13,54% para ambiente D, no ano de 2018. Em 2019, para ambiente C de 12,6 e 17,2% e de 19,7 e 21,0% em ambiente D. Para a cultivar CTC 4 de 20,5 e 17,0% em ambiente C e de 19,7 e 21,0% em ambiente D, no ano de 2018. Em 2019, para ambiente C de 15,5 e 23,9% e de 22,9 a 25,1% em ambiente D (TAB. 15)

Este efeito da vinhaça e da torta de filtro na produtividade de colmos pode ser atribuído aos elementos químicos e nutrientes existentes nestes subprodutos. Esse resultado corrobora com Inmam-Bamber (2005); Duarte *et al.* (2013); Oliveira e Hoffmann (2015) e Morais *et al.* (2017), que observaram uma melhoria de produtividade de cana-de-açúcar com aplicação do fertilizante organomineral em relação ao mineral.

Várias pesquisas confirmam que a matéria orgânica presente nos fertilizantes organominerais incrementa a eficiência de aproveitamento dos macro e micronutrientes pelas plantas. Segundo Kiehl (2008), a união do fertilizante mineral com o orgânico promove uma mistura física e uma combinação química, desenvolvendo compostos e aumentando o aproveitamento do fertilizante mineral.

Segundo Prado *et al.* (2018), observou que em ambiente D, por ser mais restritivo, apresenta uma disponibilidade de água menor quando comparado ao ambiente C. A disponibilidade de água é um dos fatores que mais afeta a variabilidade da produção de cana-de-açúcar (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; LIU *et al.*, 2016). Esta disponibilidade é condicionado pela sua capacidade de retenção e drenagem (ZHAO *et al.*, 2017). Verificamos no trabalho que os tratamentos que receberam adubação organomineral apresentaram diferença significativa quando comparado ao tratamento com adubação mineral, onde provavelmente, devido a adição de matéria orgânica no solo, facilitou a conservação de água, o que corrobora com Fravet (2010), Araújo e Oliveira (2015), os quais observaram que a

utilização de adubação organomineral (torta e vinhaça), amplia a capacidade de retenção de água pelo solo.

Esses resultados corroboram a ideia proposta por Prado (2016), em que a utilização de manejos avançados (uso de vinhaça e torta de filtro) potencializam a produtividade dos ambientes de produção. O uso desses resíduos tem benefícios positivos principalmente em solos leves, pois aportam quantidades de nutrientes na forma organomineral. Sua liberação mais gradual aumenta a eficiência por apresentar menores perdas, uma vez que esses solos apresentam boa drenagem e baixa retenção de cátions.

Para a cultivar RB966928, verificou-se a produção de açúcar por hectare nos locais que receberam adubação com vinhaça e torta mais vinhaça quando comparados com a adubação mineral, incrementos de 11,3 e 9,3% para ambiente C e de 13,4 e 15,8% para ambiente D, no ano de 2018. Em 2019, para ambiente C de 14,6 e 15,9% e de 21,1 e 22,6% em ambiente D. Para a cultivar CTC 4 de 18,6 e 14,5% em ambiente C e de 19,7 e 21,0% em ambiente D, no ano de 2018. Em 2019, para ambiente C de 14,6 e 18,1% e de 15,0 a 25,4% em ambiente D (TAB. 16)

Este resultado corrobora com o observado por Souza (2014), que em seu estudo com 10 experimentos de cana-de-açúcar instalados em distintos locais, nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás, no qual constatou que o fertilizante organomineral resultou num total de açúcar por hectare superior em relação à aplicação de fertilizante mineral. Resultado semelhante foi obtido por Inmam-Bamber (2005), no qual verificou o acúmulo de sacarose da cana-de-açúcar nos tratamentos com adubação organomineral.

6.2 Atributos químicos do solo

Entre os tratamentos, observou-se que a utilização de torta de filtro no plantio e soqueira com vinhaça apresentaram teores significativos de fósforo no solo, independente da profundidade estudada (TABELAS 5 e 10). Segundo Rheinheimer *et al.* (1999), a matéria orgânica diminui a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, bloqueando os sítios de fixação com os radicais orgânicos.

A utilização de adubos organominerais podem alterar as características do solo promovendo modificações em suas propriedades químicas, favorecendo o

aumento da disponibilidade de alguns elementos para as plantas (VITTI, 2002; FRAVET, 2010). Além dos efeitos da matriz orgânica organomineral na redução da adsorção de P, a adição de matéria orgânica ao solo pode ajudar a manter por mais tempo a umidade próxima à aplicação do fertilizante, o que melhora a difusão do P no solo (HETTIARACHCHI, 2006; MONTALVO, 2014), e aumenta a quantidade P que chega às raízes.

Notou-se que os teores de enxofre no trabalho apresentaram diferença significativa somente na profundidade de 20 a 40 cm. (TABELAS 5 e 10). Este resultado corroborou com o estudo realizado por Nasser *et al.* (2021) no qual verificaram os teores de S no solo, comparando adubações minerais e organominerais em cana-de-açúcar, realizado na Região de Adamantina - SP. É na forma de sulfato que o enxofre é absorvido pelas plantas, sendo esta forma facilmente lixiviado e muitas vezes acumulado nas camadas mais profundas (TIECHER *et al.*, 2012).

No trabalho verificou-se uma tendência onde os maiores teores de cálcio e magnésio no solo foram nos tratamentos que receberam adubação organomineral quando comparados ao tratamento onde foi utilizado somente adubação mineral (TABELAS 6 e 11). Certamente aconteceu por causa da condição destes fertilizantes, que possuem Ca e Mg em sua composição e maior retenção deste nutriente por causa da matéria orgânica. Segundo Prada, Guekezian e Suarez-Iha (1998) na composição química da vinhaça os teores de óxidos de cálcio (CaO) podem variar de 1.350 a 4.570 mg L⁻¹ e os de óxidos de magnésio de 580 a 700 mg L⁻¹.

A torta de filtro, composto basicamente orgânico, tem composição química variável e apresenta altos teores de cálcio e possui, teores consideráveis de magnésio (NUNES JÚNIOR, 2005). Segundo o mesmo autor, uma dose de 20 t ha⁻¹ de torta de filtro na base úmida ou 5 t ha⁻¹ na base seca (M.S.) pode fornecer 100% de cálcio e 50% de magnésio necessários para a cana.

Com relação ao pH os dados dos resultados do trabalho (TABELAS 5 e 10) confirmam os obtidos por Brito, Rolim e Pedrosa (2005) que também observaram aumento de pH em função da aplicação de vinhaça e contrariam os de Bebé *et al.* (2009) que não verificaram o aumento do pH no solo, com o uso da vinhaça. Notou-se que independente da profundidade analisada, em ambiente D, nos locais que

receberam torta de filtro apresentaram elevação do pH., o que corrobora com Arreola-Enriquez *et al.* (2004), a elevação do pH do solo pode ser atribuída à decomposição da torta de filtro, a partir da qual há a liberação de malato, citrato e oxalato. Estes compostos sofrem descarboxilação (liberação CO₂), resultando no consumo de prótons que alteram o pH, alcalinizando o solo.

Observou-se que o Al e o pH tiveram comportamento inversos, ocorrendo a aumento na concentração de Al no tratamento que recebeu somente adubação mineral (TABELAS 5 e 10). Esse é um efeito positivo, pois com o aumento no pH é possível reduzir ou até mesmo eliminar os efeitos tóxicos do Al trocável do solo (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). A importância da adubação orgânica na correção da acidez do solo também tem sido relatada por vários autores (MIEYAZAWA *et al.*, 1993; AMARAL *et al.*, 2000; ALMEIDA, 2003).

Verificou-se que os tratamentos que receberam vinhaça apresentaram maiores teores de K no solo em ambas profundidades estudadas, quando comparado que os tratamentos onde a adubação foi somente mineral (TABELAS 5 e 10). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por (BEBÉ *et al.*, 2009; VIEIRA, 2020) que obtiveram resultados similares, comparando solo cultivado com cana que recebe aplicação vinhaça e solo que não recebe, onde a área fertirrigada apresentou teor de K maior, sendo que o aumento no teor de K no solo causado pela adição de vinhaça é esperado já que a mesma possui uma elevada concentração deste nutriente.

Observou-se que os teores de ferro e zinco na profundidade de 0 a 20 cm apresentaram valores maiores no tratamento com torta de filtro mais vinhaça, quando comparado ao tratamento com adubação mineral (TABELAS 7 e 12). Esse resultado corrobora com Barros *et al.* (2017), por meio do uso concomitante da vinhaça e torta de filtro em solo, notaram que houve aumento de micronutrientes, em especial ferro e zinco, provenientes destes resíduos.

Com relação ao Mn no solo, na profundidade de 0 a 20 cm, observou-se que nos tratamento onde recebeu somente adubação mineral, os valores do nutriente foram maiores (TABELAS 7 e 12). Provavelmente devido ao pH do solo que é menor nos locais que receberam a adubação mineral. Esse resultado corrobora com os autores (FOLLETT; PETERSON, 1988; GROVE; BLEVINS, 1988; JUO *et al.*, 1995; BOWMAN; HALVORSON, 1998) que verificaram em monocultivos de milho tem

causado diminuição dos valores de pH e aumentos dos teores de Mn da camada superficial.

Com relação aos teores de Cu no solo, observou-se que nos locais onde receberam a torta de filtro, os valores do nutriente foram maiores na camada de 0 a 20 cm. (TABELAS 7 e 12). Esse resultado corrobora com os autores Cavalcanti, Lima Júnior e Lima (2008) que verificaram aumento linear para o teor de Cu presentes no solo após aplicações de torta de filtro.

Dentre os principais atributos químicos e indicadores de qualidade do solo destaca-se o índice de saturação de bases, sendo este responsável pelo indicativo da condição geral da fertilidade do solo, representando a participação das bases trocáveis no complexo de troca (FARIAS, 2018). Maior fertilidade reflete em maior índice de saturação de bases (V), que foi maior para o tratamento torta de filtro mais vinhaça em relação ao tratamento com fertilizante mineral. Analisando o V%, notou-se que em ambiente D, para o tratamento de torta de filtro no plantio mais vinhaça na soqueira apresentaram diferença significativa quando comparado com o tratamento somente com fertilizante mineral. Notou-se também que os valores de V% para o ambiente D foram maiores que no ambiente C (TABELAS 6 e 11).

6.3 Análise foliar

Observou-se que os tratamentos que receberam adubação de torta de filtro mais vinhaça, apresentaram maiores teores foliares de K. O resultado corrobora com Almeida Junior (2011) que verificou que a adubação orgânica (vinhaça mais torta de filtro) alterou a concentração de K presente na parte aérea da cana-de-açúcar (TABELAS 8 e 13).

Com relação aos teores de fósforo nas folhas, os dados obtidos no trabalho discordam de Nardin (2007), que verificou que independentemente das formas e doses de aplicação de adubos orgânicos, não houve resposta da cana-de-açúcar quanto aos teores médios de P nas folhas.

O fornecimento adequado de P garante que a cana-de-açúcar apresente parâmetros tecnológicos adequados para seu processamento pela indústria sucroenergética. A deficiência ou a baixa disponibilidade do fósforo resulta decréscimo significativo no acúmulo de sacarose, uma vez que este nutriente afeta

diretamente a quantidade de açúcar e a pureza do caldo (ELAMIN *et al.*, 2007). Glaz *et al.* (2000) relataram que as taxas crescentes de fornecimento de fósforo resultaram em aumentos lineares o rendimento de açúcar.

7 CONSIDERAÇÕES

Por fim, o estudo possui forças e limitações. Como força, este estudo teve como diferencial a utilização de um grande número de dados reais de uma usina e como limitação, foram estudadas duas cultivares de cana e dois ambientes de produção.

Dessa forma, sugere-se que em futuras pesquisas com metodologia semelhante sejam realizadas em outras usinas utilizando outros ambientes e cultivares, complementando os resultados apresentado neste estudo.

8 CONCLUSÃO

O estudo mostrou que o manejo com resíduos agroindustriais pode contribuir com a melhoria do ambiente D quando comparado com o ambiente C e que a cultivar RB966928 se aproveita melhor dessa interação.

Além disso, quanto aos tratamentos que utilizaram os resíduos agroindustriais, a quantidade de açúcar produzido no ambiente D se aproxima em 98% ao obtido no ambiente C, independente da cultivar analisada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. Composto de lixo urbano na composição química do solo e seus efeitos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora flavicarpa*). **Revista Biociência**, v. 9, p. 7-15, 2003.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar**: efeitos no solo e na planta. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B. *et al.* 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, p. 1004-1013, 2011.
- AMARAL, A. S. *et al.* Resíduos vegetais na superfície do solo afetam a acidez do solo e eficiência do herbicida flumetsulam. **Ciência Rural**, v. 30, p. 789-794, 2000.
- ARAUJO, G. J. F.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Vinhaça - conceito, desafios e oportunidades: uma revisão bibliográfica. *In*: Simpósio de Engenharia de Produção, Gestão de Operações em Serviços e seus Impactos Sociais. 23. **Anais [...]**. Bauru, SP, p. 1-14, 2016.
- ARREOLA-ENRIQUEZ, J. *et al.* Evaluación de abono organo-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. **Terra Latinoamericana**, México, v. 22, n. 3, p. 351-357, 2004.
- AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural**, v. 23, n. 2, p. 241-248, 1993.
- BARROS, R.P.D. *et al.* Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2010.
- BARROS, V. G. *et al.* Improved methane production from sugarcane vinasse with filter cake in thermophilic UASB reactors, with predominance of *Methanothermobacter* and *Methanosarcina* archaea and *Thermotoga* bacteria. **Bioresource Technology**, v. 244, p. 371–381, 2017.
- BARBOSA, A.M. **Fases de crescimento da cana-de-açúcar**. 2016. Disponível em: <http://alexandriusmb.blogspot.com/2016/03/fases-de-crescimento-da-cana-de-acucar.htm>. Acesso em 30 fev. 2021.
- BEBÉ, F. V. *et al.* Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 781-787, 2009.
- BERTOLANI, F. C. *et al.* Sistema de classificação edafoclimática para a cultura da cana-de-açúcar. *In*: **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2015.

BONASSA, G. *et al.* Subprodutos gerados na produção de bioetanol: bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 3, p. 144-166, 2015.

BOWMAN, R.A.; HALVORSON, A.D. Soil Chemical after nine years of differential N fertilization in a no-till dryland wheat-corn-fallow rotation. **Soil Science**, v. 163, p. 241-247, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Cana-de-açúcar**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-cana-de-acucar-deve-ficar-em-592-milhoes-de-toneladas>. Acesso: 30 ago. 2021.

BRITO, F. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 52-56, 2005.

CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista STAB**, v. 13, n. 5, p. 16-19, 1995.

CANAONLINE. Disponível em: <http://www.canaonline.com.br/conteudo/variedade-de-cana-ctc-4-passa-a-ser-uma-das-favoritas-do-setor.ht>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CANELLAS, L.P. *et al.* Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 935-944, 2003.

CARDOZO, N.P.; SENTELHAS, P.C. Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 6, p. 449-456, 2013.

CAVALCANTI, F.J.A.; LIMA JÚNIOR, M.A.; LIMA, J.F.W.F. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3. ed. Recife: instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A. *et al.* Sugarcane (*Saccharum x Officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. **Tropical Plant Biology**, Kunia, v. 4, p. 62-89, 2011.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**, v. 8 – Safra 2021/22, n.2 – Segundo Levantamento. Brasília, 2021. p.1-63.

DEMATÊ, J.A.M. **Geoprocessamento, sensoriamento remoto e planejamento do uso da terra**. Piracicaba: Interno, 2007 (Apostila).

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. *In*: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora UFV, 2010. p.25-49.

DUARTE. A. *et al.* Produtividade da soja cultivada com fertilizante organomineral. *In*:

CBCS 2013. Ciência do Solo: Para que e para quem? Programa & resumos. Florianópolis, 2013. **Anais [...]**. Epagri e SBCS, Florianópolis, 2013.

ELAMIN, E. A. *et al.* The influence of phosphorus and potassium fertilization on the quality of sugar of two sugarcane varieties grown on three soil series of Sudan. **Journal of Applied Sciences**, v. 7, p. 2345-2350, 2007.

EMBRAPA. **Adubos e fertilizantes**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn08zc7m02wx5ok0liq1mqw825isw.html>. Acesso em: 02 ago. 2021.

EMBRAPA. **Cana-de-açúcar**: fenologia. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2021.

EMBRAPA. **Maturação**. 2018. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_90_22122006154841.html. Acesso em: 14 jun. 2018.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FARIAS, F.J. **Atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo em sistema agroecológico de produção**. 2018. 41f. Monografia de Conclusão (Graduação) - Instituto Federal de Sergipe, Sergipe. 2018.

FERREIRA, E.S.; ZOTARELLI, E.M.; SALVATI, L. Efeitos da utilização da torta de filtro na produtividade da cana-de-açúcar. *In*: Semana Tecnologia Agrônômica, 4. **Anais [...]**. Piracicaba, Coopersucar, 1988. p. 321-331.

FOLLETT, R.F.; PETERSON, G.A. Surface soil nutrient distribution as affected by wheat- fallow tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 141-147, 1988.

FRAVET, P. R. F. *et al.* Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 618-624, 2010.

GLAZ, B. *et al.* Sugarcane response to phosphorus fertilizer in relation to soil test recommendations on everglades histosols. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 375-380, 2000.

GROVE, J.H.; BLEVINS, R.L. Correcting soil acidification in continuous corn (*Zea Mays* L.). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 1331-1342, 1988.

HETTIARACHCHI, G.M. *et al.* Mudanças de densidade em torno de grânulos de fósforo e bandas de fluido em um solo calcário. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 960, 2006.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to

water deficits. **Field Crops Research**, v. 92, p. 185-202, 2005.

JOAQUIM, A. C. *et al.* Potencial de produção de cana-de-açúcar. In: Seminário Coopersucar de tecnologia agrônômica, 7., 1994, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: CTC, 1997. p. 68-76.

KER, J.C. **Anotações e perguntas sobre solos brasileiros**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 119p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes organominerais**. Piracicaba: E. J. Kiehl. 2008. 160p.

LIU, J. *et al.* Growth and yield of sugarcane genotypes are strongly correlated across irrigated and rainfed environments. **Field Crops Research**, v. 196, p. 418-425, 2016.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. Cap. 5, p.62-71.

MARIN, F.R. **Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos**. 2014. 262p. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2014.

MARIN, F.R. *et al.* Cana de Açúcar. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Ed). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. p.111-130.

MIEYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 411-416, 1993.

MONTALVO, D.; DEGRYSE, F.; MCLAUGHLIN, MJ. Os fertilizantes fluidos melhoram a difusão do fósforo, mas não a labilidade em andisóis e latossolos. **Soil Science Society of America Journal**, v. 78, p. 214, 2014.

MORAES, B. S.; ZAIAT, M.; BONOMI, A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 888-903, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115000337>. Acesso em: 27 mar. 2016.

MORAIS, K.P. *et al.* Produtividade de colmos em clones de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 64, n. 3, p. 291-297, 2017.

NARDIN, R. R. **Torta-de-filtro aplicada em Argissolo e seus efeitos agrônômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Curso de pós-graduação IAC – Campinas, 2007.

NASSER, M. D. *et al.* Atributos químicos de solos manejados por usina sucroalcooleira situada na Nova Alta Paulista. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 3, pág. e6510313053-e6510313053, 2021.

NOVA CANA. **A produção de cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo)**. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo>. Acesso em 08 de julho de 2020.

NUNES JÚNIOR, D. O insumo torta de filtro. **IDEA News**, Ribeirão Preto, 2005.

OGATA, B.H. **Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial de uso em biorrefinarias**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, R. A. E. D.; HOFFMANN, H. P. (org.). **Liberação nacional de variedades RB de cana-de-açúcar organizadores**. Curitiba: Graciosa, 2015. Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/097ffc_630ca4e433634264a1315ef02f4fb1d5.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

ORLANDO FILHO, J. *et al.* **Seja o doutor do seu canavial**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. 17 p. (Arquivo do Agrônomo, 6).

PRADA, S. M.; GUEKEZIAN, M.; SUAREZ-IHA, M. E. V. Metodologia analítica para a determinação de sulfato em vinhoto. **Química Nova**, v. 21, p. 249-252, 1998.

PRADO, H. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. **Encarte de informações agrônômicas**, n. 110, p. 12-17, 2005. Disponível em: [http://www.ipni.net/PUBLICATION/IABRASIL.NSF/0/5E22CC4A2EF600E083257AA1006BC4FD/\\$FILE/Enc12-17-110.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IABRASIL.NSF/0/5E22CC4A2EF600E083257AA1006BC4FD/$FILE/Enc12-17-110.pdf). Acesso em: 19 fev. 2021.

PRADO, H. *et al.* **Classes de disponibilidade de água para cana-de-açúcar nos principais solos da região centro-sul do Brasil**. 2018. Disponível em: http://www.pedologiafacil.com.br/artig_4.php. Acesso em: 05 ago. 2018.

PRADO, H. **Pedologia fácil: aplicações em solos tropicais**. 5. ed. Piracicaba: O Autor, 2016. 271 p.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017. 178p.

RHEINHEIMER, D.S. *et al.* Fósforo orgânico do solo. *In*: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais** Porto Alegre: Gênese, 1999. p.139-157.

RIDESA. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2010. Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/097ffc_e328a69f7b78434088b21262cab3c75f.pdf. Acesso em: 20 fev. 2021.

RIPOLI, T. C. *et al.* **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba, 2006. SANTIAGO, A.D.; ROSSETTO, R. **Adubação orgânica**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_37_711200516717.html. Acesso em: 18 mai. 2018.

SANTOS, T.C. *et al.* Estado nutricional e produção de variedades de alface adubadas com compostos orgânicos e torta de filtro em Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais [...]**. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SCARPARI, M.S. **Modelos de previsão para a produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) através de parâmetros climáticos**. 2002. 79p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBNI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V. *et al.* **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 2006. p.19-36.

SEGATO, S. V. *et al.* **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: 2006. 415p.

SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. Indicadores macro e micromorfológicos da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar. **Mercator**, v. 4, n. 3, p. 169-185, 2015.

SILVA, A.P.D.; BONO, J.A.; PEREIRA, F.D.A. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 38-43, 2014.

SOUSA, D.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.

SOUZA, R.T.X. **Fertilizante organomineral para produção e cana-de-açúcar**. 2014. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

TIECHER, T. *et al.* Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p. 518-527, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052012000400010&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso: 07 set. 2020.

VIANNA, M.S.; SENTELHAS, P.C. Performance of DSSAT CSM-CANEGRO Under Operational Conditions and its Use in Determining the “Saving Irrigation” Impact on Sugarcane Crop. **Sugar Tech**, 2015.

VIEIRA, E.S. **Influência da aplicação de vinhaça sobre os atributos químicos e físicos do solo na cultura da cana-de-açúcar**. 2020. Monografia (Trabalho de Conclusão) - Instituto Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafós, 2002. 16p. (Encarte Técnico/Informações Agrônomicas, 97).

YARA BRASIL. **Nutrientes para a cultura da cana**. 2020. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/micronutrientes-para-a-cultura-da-cana-de-acucar/>. Acesso em: 07 set. 2020.

YIN, J. D. *et al.* Effects of long-term application of vinasse on physicochemical properties, heavy metals content and microbial diversity in sugarcane field soil. **Sugar Tech**, v. 21, n. 1, p. 62-70, 2019.

WATT, D.A., MCCORMICK, A.J.; CRAMER, M.D. Source and Sink Physiology. *In*: MOORE, P.H.; BOTHA, F.C. (Eds.). **Sugarcane**: physiology, biochemistry, and functional biology. Oxford: Willey Blackwell, 2014. p.483-520.

ZHAO, P. *et al.* Genetic variation in sugarcane for leaf functional traits and relationships with cane yield, in environments with varying water stress. **Field Crops Research**, v. 213, n. 5, p. 143-153, 2017.

APÊNDICE

Tabela 17. Análise de variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al) e potássio (K) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.

Anos		pH	MOS	P	S	Al	H + Al	K
Profundidade de 0 a 20 cm								
	Causa da Variação	F Calculado						
2018	Ambiente	0,15ns	0,79ns	0,36ns	0,64ns	4,24*	0,65ns	0,82ns
	Manejo	16,06**	1,18ns	17,30**	0,45ns	10,87**	10,22**	14,03**
	Ambiente x Manejo	0,17ns	5,02*	0,07ns	0,96ns	2,31ns	1,08ns	0,29ns
	C.V.(%)	11,53	23,25	60,84	84,92	141,30	31,27	47,50
Profundidade de 20 a 40 cm								
	Causa da Variação	F Calculado						
2019	Ambiente	4,63*	40,49**	4,44*	5,30*	4,10*	6,48*	4,45*
	Manejo	42,87**	4,16*	45,32**	0,10ns	9,90**	11,68**	18,71**
	Ambiente x Manejo	1,45ns	3,36*	0,58ns	0,42ns	2,16ns	2,48ns	0,30ns
	C.V.(%)	8,59	18,92	34,77	75,88	141,99	21,42	41,66
	Causa da Variação	F Calculado						
2018	Ambiente	0,19ns	8,00**	0,08ns	9,32**	0,27ns	1,59ns	2,33ns
	Manejo	7,78**	3,75*	9,91**	1,15ns	4,38*	2,89ns	17,16**
	Ambiente x Manejo	0,88ns	2,22ns	0,19ns	1,09ns	1,97ns	1,48ns	0,52ns
	C.V.(%)	12,55	22,33	67,10	63,75	133,70	33,18	51,48
	Causa da Variação	F Calculado						
2019	Ambiente	45,66**	15,16**	1,12ns	10,92**	0,23ns	27,33*	0,04ns
	Manejo	10,18**	9,20**	78,86ns	3,05ns	2,88ns	5,56**	33,63**
	Ambiente x Manejo	3,88*	5,43**	2,59ns	1,15ns	1,83ns	0,45ns	1,93ns
	C.V.(%)	8,54	15,27	24,02	56,38	164,67	16,29	35,68

Tabela 18. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por alumínio (M%) e percentagem de saturação por bases V%) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.

Anos		Ca	Mg	SB	CTC	M%	V%
Profundidade de 0 a 20 cm							
Causa da Variação		F Calculado					
2018	Ambiente	0,34ns	2,01ns	0,97ns	0,56ns	6,47*	2,42ns
	Manejo	3,04ns	9,00**	7,21**	2,55ns	16,32**	16,05**
	Ambiente x Manejo	1,16ns	1,82ns	1,47ns	3,01ns	4,56*	0,72ns
	C.V.(%)	62,01	57,17	51,60	25,91	132,60	27,45
Causa da Variação		F Calculado					
2019	Ambiente	0,63ns	6,56*	1,40ns	0,37ns	3,61ns	2,86ns
	Manejo	6,13**	8,97**	9,20**	5,93**	10,63**	17,02**
	Ambiente x Manejo	1,66ns	0,24ns	1,01ns	1,64ns	1,80ns	1,11ns
	C.V.(%)	51,70	42,21	45,75	25,50	149,22	22,49
Profundidade de 20 a 40 cm							
Causa da Variação		F Calculado					
2018	Ambiente	0,04ns	0,47ns	0,51ns	3,82ns	1,22ns	0,15ns
	Manejo	0,87ns	2,40ns	3,74*	0,64ns	5,88**	6,43**
	Ambiente x Manejo	0,34ns	0,74ns	0,58ns	2,34ns	2,25ns	0,67ns
	C.V.(%)	62,12	46,61	45,84	19,18	127,48	34,60
Causa da Variação		F Calculado					
2019	Ambiente	3,63ns	0,00ns	1,23ns	0,40ns	0,45ns	10,71**
	Manejo	2,62ns	0,66ns	3,82*	3,41*	3,80*	14,06**
	Ambiente x Manejo	1,45ns	0,14ns	0,67ns	0,61ns	1,84ns	0,25ns
	C.V.(%)	61,23	82,02	52,75	22,04	166,81	25,49

Tabela 19. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, na profundidade de 0 a 20 cm, nos dois anos avaliados.

Anos		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Profundidade de 0 a 20 cm						
Causa da Variação		F Calculado				
2018	Ambiente	0,60ns	2,21ns	1,11ns	0,62ns	0,02ns
	Manejo	0,47ns	16,64**	8,76**	12,82**	1,19ns
	Ambiente x Manejo	2,63ns	0,66ns	1,26ns	0,10ns	3,61ns
	C.V.(%)	14,11	64,22	51,55	49,10	55,73
Causa da Variação		F Calculado				
2019	Ambiente	2,13ns	2,92ns	2,65ns	0,03ns	0,09ns
	Manejo	6,83**	19,95**	8,20**	7,66**	3,21*
	Ambiente x Manejo	0,07ns	0,70ns	1,52ns	0,00ns	4,91*
	C.V.(%)	23,49	59,24	46,64	53,64	47,85

Tabela 20. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: nitrogênio total (N Total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos		NTotal	P	K	Ca	Mg	S
	Causa da Variação						
				F Calculado			
2018	Ambiente	0,32ns	0,47ns	0,03ns	7,50**	1,33ns	5,29*
	Manejo	7,12**	1,77ns	13,82**	12,09**	0,79ns	8,10**
	Ambiente x Manejo	0,22ns	0,90ns	0,36ns	0,49ns	0,83ns	2,05ns
	C.V.(%)	8,85	18,61	20,92	44,65	31,09	17,94
	Causa da Variação						
				F Calculado			
2019	Ambiente	0,35ns	15,63**	2,24ns	2,27ns	1,94ns	5,73*
	Manejo	0,91ns	1,49ns	32,15**	5,46**	3,07ns	0,67ns
	Ambiente x Manejo	3,98*	9,31**	1,12ns	0,12ns	1,59ns	8,22**
	C.V.(%)	7,49	12,34	20,19	64,12	22,87	17,03

Tabela 21. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos		B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Causa da Variação					
				F Calculado		
2018	Ambiente	1,79ns	0,01ns	0,18ns	1,25ns	0,20ns
	Manejo	4,13*	3,84*	2,24ns	5,04**	4,45*
	Ambiente x Manejo	0,78ns	0,95ns	0,18ns	0,77ns	0,02ns
	C.V.(%)	28,71	40,16	54,83	52,29	55,33
	Causa da Variação					
				F Calculado		
2019	Ambiente	0,02ns	0,21ns	0,60ns	1,64ns	1,35ns
	Manejo	0,99ns	3,27*	0,02ns	0,18ns	1,64ns
	Ambiente x Manejo	0,40ns	1,23ns	0,08ns	3,63*	3,24*
	C.V.(%)	17,23	98,46	50,78	32,64	28,84

Tabela 22. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio + alumínio (H+Al) e potássio (K) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.

Anos		pH	MOS	P	S	Al	H + Al	K
Profundidade de 0 a 20 cm								
	Causa da Variação	F Calculado						
2018	Ambiente	2,10ns	1,33ns	1,65ns	0,87ns	1,43ns	0,00ns	6,27*
	Manejo	4,15*	2,75ns	11,35**	2,38ns	1,57ns	1,74ns	16,01**
	Ambiente x Manejo	5,01*	0,15ns	2,88ns	0,11ns	0,83ns	2,45ns	3,63*
	C.V.(%)	12,62	31,01	34,03	68,86	144,78	38,75	37,19
	Causa da Variação	F Calculado						
2019	Ambiente	0,49ns	3,38ns	12,85**	0,83ns	1,26ns	0,21ns	4,05ns
	Manejo	7,27**	4,37*	23,04**	3,08ns	1,94ns	1,49ns	27,03**
	Ambiente x Manejo	14,86**	0,41ns	4,88*	0,17ns	1,15ns	5,95**	15,61**
	C.V.(%)	11,52	26,02	27,22	64,96	157,13	29,41	30,93
Profundidade de 20 a 40 cm								
	Causa da Variação	F Calculado						
2018	Ambiente	3,39ns	4,82*	0,02ns	1,77ns	0,23ns	0,02ns	2,06ns
	Manejo	5,34**	7,44**	7,68**	0,81ns	0,57ns	0,67ns	2,70ns
	Ambiente x Manejo	6,52**	0,23ns	1,09ns	0,00ns	3,70*	3,67*	0,30ns
	C.V.(%)	11,85	23,05	33,59	50,83	138,87	38,40	46,87
	Causa da Variação	F Calculado						
2019	Ambiente	0,85ns	26,46**	2,04ns	2,48ns	0,09ns	0,17ns	1,87ns
	Manejo	4,51*	30,55**	6,76**	0,03ns	0,61ns	1,17ns	4,35*
	Ambiente x Manejo	11,14**	3,80*	0,73ns	0,00ns	3,57ns	5,17*	0,32ns
	C.V.(%)	9,22	11,66	26,05	45,16	135,74	39,33	38,82

Tabela 23. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), percentagem de saturação por alumínio (M%) e percentagem de saturação por bases V%) em ambientes C e D, em duas profundidades, nos dois anos avaliados.

Anos		Ca	Mg	SB	CTC	M%	V%
Profundidade de 0 a 20 cm							
		Causa da Variação			F Calculado		
2018	Ambiente	1,65ns	0,00ns	1,25ns	0,89ns	1,88ns	0,88ns
	Manejo	4,13*	3,61*	6,68**	5,16*	1,28ns	3,54*
	Ambiente x Manejo	4,03*	1,83ns	4,35*	0,65ns	0,29ns	4,87*
	C.V.(%)	38,28	63,62	37,46	22,23	141,06	28,54
		Causa da Variação			F Calculado		
2019	Ambiente	2,40ns	0,07ns	0,01ns	0,15ns	0,58ns	0,07ns
	Manejo	9,05**	7,04**	18,71**	6,52**	2,07ns	10,56**
	Ambiente x Manejo	8,78**	4,53*	11,72**	0,2ns	1,20ns	11,21**
	C.V.(%)	22,62	46,74	23,09	13,81	140,39	21,22
Profundidade de 20 a 40 cm							
		Causa da Variação			F Calculado		
2018	Ambiente	0,24ns	1,03ns	0,00ns	0,03ns	0,01ns	0,38ns
	Manejo	8,05**	3,94*	7,24**	3,50*	1,20ns	5,65**
	Ambiente x Manejo	5,31**	2,94ns	4,85*	0,81ns	4,47*	6,22**
	C.V.(%)	49,30	69,44	44,12	21,51	129,15	37,55
		Causa da Variação			F Calculado		
2019	Ambiente	0,63ns	1,51ns	0,73ns	0,53ns	0,08ns	0,47ns
	Manejo	62,04**	15,40**	49,65**	4,55*	2,09ns	18,54**
	Ambiente x Manejo	5033**	9,93**	33,79**	1,46ns	4,37*	20,41**
	C.V.(%)	16,55	38,75	17,2	21,64	114,95	22,22

Tabela 24. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios do boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, na profundidade de 0 a 20 cm, nos dois anos avaliados.

Anos		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Profundidade de 0 a 20 cm						
		Causa da Variação			F Calculado	
2018	Ambiente	11,53**	0,00ns	1,17ns	0,49ns	5,18*
	Manejo	0,34ns	0,50ns	1,06ns	0,47ns	2,42ns
	Ambiente x Manejo	0,80ns	0,05ns	0,21ns	0,21ns	0,04ns
	C.V.(%)	13,25	48,02	41,56	42,56	47,72
		Causa da Variação			F Calculado	
2019	Ambiente	0,88ns	1,07ns	4,37*	0,00ns	0,55ns
	Manejo	1,05ns	2,67ns	0,77ns	2,43ns	0,46ns
	Ambiente x Manejo	1,05ns	0,50ns	1,43ns	0,72ns	0,19ns
	C.V.(%)	31,24	29,66	43,18	38,76	34,99

Tabela 25. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: nitrogênio total (N total), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos		NTotal	P	K	Ca	Mg	S
	Causa da Variação			F Calculado			
2018	Ambiente	4,34*	1,07ns	2,98ns	6,17*	0,27ns	4,06ns
	Manejo	0,06ns	4,85*	6,83**	0,68ns	0,38ns	3,32*
	Ambiente x Manejo	1,40ns	2,03ns	4,20*	1,12ns	1,62ns	1,44ns
	C.V.(%)	12,63	11,28	37,27	52,15	24,46	15,95
	Causa da Variação			F Calculado			
2019	Ambiente	1,15ns	1,39ns	0,01ns	10,02**	0,49ns	4,69*
	Manejo	2,93*	6,46**	34,31**	3,04ns	0,01ns	5,06*
	Ambiente x Manejo	2,11ns	0,66ns	2,03ns	4,82*	2,11ns	1,4ns
	C.V.(%)	7,33	9,9	18,43	27,84	21,11	13,2

Tabela 26. Análise da variância do efeito do manejo da adubação nos valores médios dos atributos foliares: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos		B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Causa da Variação			F Calculado		
2018	Ambiente	0,00ns	0,67ns	1,41ns	0,08ns	0,41ns
	Manejo	1,58ns	5,07*	4,48*	0,46ns	0,65ns
	Ambiente x Manejo	0,06ns	0,99ns	1,87ns	1,85ns	0,25ns
	C.V.(%)	37,59	45,67	35,64	35,00	52,32
	Causa da Variação			F Calculado		
2019	Ambiente	2,56ns	1,85ns	2,57ns	0,87ns	11,33**
	Manejo	2,86ns	2,27ns	4,72*	0,67ns	1,16ns
	Ambiente x Manejo	5,64**	1,11ns	1,15ns	3,70*	3,62*
	C.V.(%)	23,78	57,19	33,55	26,11	34,48

Tabela 27. Análise da variância do efeito do manejo da adubação em duas cultivares de cana (RB966928 e CTC 4) nos valores médios de produtividade de colmos (t colmos ha⁻¹, TCH) e açúcar total redutor (kg açúcar t⁻¹, ATR) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos		PCH	ATR
Variedade RB966928			
	Causa da Variação	F Calculado	
2018	Ambiente	0,67ns	1,01ns
	Manejo	11,84**	1,98ns
	Ambiente x Manejo	0,38ns	0,36ns
	C.V.(%)	7,46	3,89
	Causa da Variação	F Calculado	
2019	Ambiente	7,87**	0,00ns
	Manejo	16,62**	1,46ns
	Ambiente x Manejo	0,30ns	1,66ns
	C.V.(%)	10,01	2,93
Variedade CTC 4			
	Causa da Variação	F Calculado	
2018	Ambiente	4,21ns	0,23ns
	Manejo	8,06**	2,00ns
	Ambiente x Manejo	0,06ns	0,36ns
	C.V.(%)	13,54	2,20
	Causa da Variação	F Calculado	
2019	Ambiente	0,24ns	2,92ns
	Manejo	29,81**	0,163ns
	Ambiente x Manejo	0,59ns	0,06ns
	C.V.(%)	7,2	2,83

Tabela 28. Análise da variância do efeito do manejo da adubação em duas cultivares de cana (RB966928 e CTC 4) nos valores médios de produção de açúcar por hectare (t açúcar ha⁻¹, TAH) em ambientes C e D, nos dois anos avaliados.

Anos		TAH
Variedade RB966928		
2018	Causa da Variação	F Calculado
	Ambiente	0,08ns
	Manejo	14,19**
	Ambiente x Manejo	0,70ns
	C.V.(%)	7,86
2019	Causa da Variação	F Calculado
	Ambiente	7,68**
	Manejo	18,06**
	Ambiente x Manejo	0,27ns
	C.V.(%)	9,96
Variedade CTC 4		
2018	Causa da Variação	F Calculado
	Ambiente	4,09ns
	Manejo	7,44**
	Ambiente x Manejo	0,14ns
	C.V.(%)	12,97
2019	Causa da Variação	F Calculado
	Ambiente	0,53ns
	Manejo	23,88**
	Ambiente x Manejo	0,73ns
	C.V.(%)	7,91