

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS JANDREY CAMILO

**USO DE MATURADOR E ADUBO FOLIAR (COMO PRÉ-  
MATURADOR) EM CANA-DE-AÇÚCAR**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS JANDREY CAMILO

**USO DE MATURADOR E ADUBO FOLIAR (COMO PRÉ-  
MATURADOR) EM CANA-DE-AÇÚCAR**

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS

2020



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: LUCAS JANDREY CAMILO

ORIENTADOR: SEBASTIÃO FERREIRA DE LIMA

**TÍTULO: USO DE MATURADOR E ADUBO FOLIAR (COMO PRÉ-MATURADOR) EM CANA-DE-AÇÚCAR**

---

Prof(a) Dr (a)  
Presidente

---

Prof(a) Dr (a)

---

Prof(a) Dr (a)

Chapadão do Sul, 02 de março de 2019

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente à Deus.

Aos meus pais, Leandro Camilo da Silva e Noemi Jandrey, em especial à minha mãe por todo apoio em meus estudos e esforço para que pudesse concluí-los.

A Karen Gabriela, pelo companheirismo e por me auxiliar neste período.

Ao orientador Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima, pela amizade, por transmitir todo conhecimento necessário e principalmente pela paciência durante todos os momentos do mestrado.

A Cerradinho Bioenergia, por todo apoio fornecido para que pudesse desenvolver este trabalho, recursos e por permitir para que eu pudesse buscar cada vez mais conhecimento.

E a todos amigos e familiares não mencionados, que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho e me apoiaram neste período.

## **LISTA DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO 1**

Figura 1. Dados climáticos mensais a partir do período de instalação da cultura até o momento da colheita. ....	16
Figura 2. Análise de rede de correlações entre os teores de nutrientes foliares com produtividade em tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de sacarose por hectare (TPH). ....	20

### **CAPÍTULO 2**

Figura 1. Dados climáticos mensais a partir do período de instalação da cultura até o momento da colheita. ....	32
---	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1. Resultado da análise química de solo, realizado antecedendo ao período de implantação da cultura nas profundidades de 0-25 cm e 25-50 cm, Chapadão do Céu, GO, 2019. ....	167
Tabela 2. Descrição dos tratamentos adotados no experimento, Chapadão do Céu, GO, 2019. ....	188
Tabela 3. Resumo da análise de variância para massa de 10 colmos (M10C), produtividade (TCH), teor de sólidos solúveis (Brix), fibra (F), pol da cana (PC), pureza do caldo (PUR), açúcares redutores do caldo (AR), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de sacarose por hectare (TPH), em função da aplicação de adubo foliar e de regulador de crescimento em cana-de-açúcar em períodos diferentes, Chapadão do Céu, GO, 2019.....	21
Tabela 4. Massa de 10 colmos (M10C), produtividade (TCH), teor de sólidos solúveis (Brix), fibra (F), pol da cana (PC), pureza do caldo (PUR), açúcares redutores do caldo (AR), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de sacarose por hectare (TPH) ), obtidos através da aplicação em diferentes períodos de adubo foliar e de regulador de crescimento em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO.....	22
Tabela 5. Margem de contribuição obtido através da aplicação em diferentes períodos de adubo foliar e de regulador de crescimento em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO. ....	24

### CAPÍTULO 2

Tabela 1. Resultado da análise química de solo, realizado antecedendo ao período de implantação da cultura nas profundidades de 0-25 cm e 25-50 cm, Chapadão do Céu, GO, 2019. ....	34
Tabela 2. Descrição dos tratamentos adotados no experimento, Chapadão do Céu, GO, 2019. ....	35
Tabela 3. Análises tecnológicas: teor de sólidos solúveis (Brix), fibra (F), pol da cana (PC), pureza do caldo (PUR), açúcares redutores do caldo (AR), açúcar total recuperável (ATR), obtidos através da aplicação em diferentes períodos de adubo foliar e de regulador de crescimento em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO. ....	367
Tabela 4. Desdobramento da interação entre aplicação x tempo, referente a análise tecnológica pureza do caldo (PUR), obtidos através da aplicação em diferentes períodos de adubo foliar e de regulador de crescimento em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO. ....	378

Tabela 5. Desdobramento da interação entre aplicação x tempo, referente a análise tecnológica açúcares redutores do caldo (AR) obtidos através da aplicação em diferentes períodos de adubo foliar e de regulador de crescimento em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO. ....	378
Tabela 6. Desdobramento da interação entre aplicação x tempo, referente a análise tecnológica açúcar total recuperável (ATR), obtidos através da aplicação em diferentes períodos de adubo foliar e de regulador de crescimento em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO.....	389

## RESUMO

O processo de maturação da cana-de-açúcar ocorre em momentos que a planta esteja sofrendo algum tipo de estresse, seja em baixas temperaturas e/ou déficit hídrico, portanto, no início da safra em que há alta umidade, tem-se a necessidade de aplicar técnicas de manejo que induzam a cultura a maturar. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar características biométricas, produtivas e de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturador e pré-maturador, em datas anteriores a colheita. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por: Testemunha, P40 – Pré-maturador 40 DAC (dias antes da colheita), M40 – Maturador 40 DAC, PM40 - Pré-maturador + maturador 40 DAC, P80 – Pré-maturador 80 DAC, P80P40 – Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador 40 DAC, P80M40 – Pré-maturador 80 DAC e maturador 40 DAC, P80PM40 – Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador + maturador 40 DAC. O uso do pré-maturador e maturador aos 40 dias antes da colheita (DAC) aumentou a produtividade da cultura e para as características tecnológicas houve influência tanto os produtos associados ou aplicados isoladamente, onde, a maior produção de sacarose ocorreu com associação dos produtos 40 DAC, com uso do pré-maturador isolado aos 80 DAC e maturador aos 40 DAC. Porém, economicamente o pré-maturador aos 80 DAC e maturador aos 40 DAC apresentaram os maiores retornos, em 14,9% e 18,2%, respectivamente. Para a curva de maturação as aplicações PM40, P80M40 e P80PM40 aos 80 DAC, não houve diferença das demais aplicações para pureza do caldo, para AR foram maiores que a testemunha não diferindo das demais e para ATR apresentaram as maiores aumentos, em 4,8%, 5,6% e 4,4%, quando comparados com a testemunha, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L. NeedTech<sup>®</sup>. Curavial<sup>®</sup>. Curva de maturação.

## ABSTRACT

The maturation process of sugarcane occurs at times when the plant is suffering some type of stress, whether at low temperatures and / or water deficit, therefore, at the beginning of a harvest in which there is high humidity, there is a need to apply management techniques that induce the crop to mature. The aim of this study was to assess biometric, productive and technological quality characteristics of sugar cane according to the application of ripener and pre-ripeners, on dates prior to harvest. The experimental design used was in randomized blocks with eight treatments and four replications. The treatments consisted of: Witness, P40– Pre-Ripener 40 DAC (days before harvest), M40– Ripener 40 DAC, PM40– Pre- Ripener + Ripener 40 DAC, P80– Pre- Ripener 80 DAC, P80P40 – Pre-Ripener 80 DAC and Pre-Ripener 40 DAC, P80M40 – Pre-Ripener 80 DAC and Ripener 40 DAC, P80PM40 – Pre-Ripener 80 DAC and Pre-Ripener + Ripener 40 DAC. The use of the pre-ripeners and ripeners at 40 days before harvest (DAC) increased the productivity of the culture and for the technological characteristics, there was an influence both on the associated products or applied alone, where the highest sucrose production occurred with the association of the products 40 DAC, with the use of the isolated pre-maturation at 80 DAC and maturation at 40 DAC. However economically, the pre-ripeners at 80 DAC and ripeners at 40 DAC had the highest returns, at 14.9% and 18.2%, respectively. For the maturation curve the applications PM40, P80M40 and P80PM40 at 80 DAC, there was no difference from the other applications for purity of the broth, for AR they were greater than the witness not differing from the others and for ATR they presented the greatest increases, in 4.8 %, 5.6% and 4.4%, when compared to the witness, respectively.

**Keywords:** *Saccharum officinarum* L. NeedTech®. Curavial®. Maturation curve.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>12</b>
<b>CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS, PRODUTIVAS E TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO FOLIAR DE MATURADOR E PRÉ-MATURADOR.....</b>	<b>12</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>12</b>
<b>CHAPTER 1 .....</b>	<b>13</b>
<b>BIOMETRIC, PRODUCTIVE AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SUGARCANE ACCORDING TO THE FOLIAR APPLICATION OF RIPENER AND PRE-RIPENER.....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>28</b>
<b>QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÉ-MATURADOR E MATURADOR EM DIFERENTES PERÍODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>CHAPTER 2 .....</b>	<b>29</b>
<b>TECHNOLOGICAL QUALITY OF SUGARCANE ACCORDING TO THE APPLICATION OF PRE-MATURATION AND MATURATION IN DIFFERENT PERIODS .....</b>	<b>29</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>29</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>39</b>

**REFERÊNCIAS ..... 39**

## CAPÍTULO 1

### CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS, PRODUTIVAS E TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO FOLIAR DE MATURADOR E PRÉ-MATURADOR

**RESUMO:** O manejo de precocidade dos canaviais é importante, principalmente, quando se tem a necessidade de entrega da matéria-prima à indústria em períodos de altas precipitações. Portanto, busca-se alternativas para melhorar a qualidade da matéria-prima e alta produtividade de colmos. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar características biométricas, produtivas e de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturador e pré-maturador, em datas anteriores a colheita. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por: Testemunha, P40 – Pré-maturador 40 DAC (dias antes da colheita), M40 – Maturador 40 DAC, PM40 - Pré-maturador + maturador 40 DAC, P80 – Pré-maturador 80 DAC, P80P40 – Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador 40 DAC, P80M40 – Pré-maturador 80 DAC e maturador 40 DAC, P80PM40 – Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador + maturador 40 DAC. O produto utilizado como pré-maturador foi o NeedTech e como maturador o Sulfometurom-metil. Concluiu-se que houve influência significativa utilizando pré-maturador associado ao maturador em diferentes períodos de aplicação. O uso do pré-maturador associado ao maturador aos 40 dias antes da colheita (DAC) aumentou a produtividade da cultura. Para as características tecnológicas, as maiores produções de sacarose ocorreram na associação dos produtos aos 40 DAC, com uso do pré-maturador isolado aos 80 DAC e maturador aos 40 DAC. O pré-maturador aos 80 DAC e maturador aos 40 DAC apresentaram o maior retorno econômico, em 14,9% e 18,2%, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L. Sulfometurom-metil. Margem de contribuição. Maturação.

## CHAPTER 1

### **BIOMETRIC, PRODUCTIVE AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SUGARCANE ACCORDING TO THE FOLIAR APPLICATION OF RIPENER AND PRE-RIPENER**

**ABSTRACT:** Early sugarcane management is important, especially when there is a need to deliver the raw material to the industry during periods of high precipitation. Therefore, alternatives are sought to improve the quality of the raw material and the high productivity of the stalks. The aim of this study was to assess biometric, productive and technological quality characteristics of sugar cane according to the application of ripener and pre-ripeners, on dates prior to harvest. The experimental design used was in randomized blocks with eight treatments and four replications. The treatments consisted of: Witness, P40– Pre- Ripener 40 DAC (days before harvest), M40– Ripener 40 DAC, PM40– Pre- Ripener + Ripener 40 DAC, P80– Pre- Ripener 80 DAC, P80P40 – Pre-Ripener 80 DAC and Pre-Ripener 40 DAC, P80M40 – Pre- Ripener 80 DAC and Ripener 40 DAC, P80PM40 – Pre-Ripener 80 DAC and Pre-Ripener + Ripener 40 DAC. The product used as a pre-ripeners was NeedTech and as a maturer Sulfometurom-methyl. Therefore it could be concluded that there was a significant difference using the pre-ripeners associated with ripener at different periods of application. The use of the pre-ripeners associated with the ripener at 40 days before harvest (DAC) increased the productivity of the culture. For the technological characteristics, the highest sucrose production occurred when the products were associated with 40 DAC, with the use of the isolated pre-ripeners at 80 DAC and ripener at 40 DAC. The pre-ripeners at 80 DAC and ripener at 40 DAC presented the highest economic returns, at 14.9% and 18.2%, respectively.

**Keywords:** *Saccharum officinarum* L. Sulfometurom-metil. Contribution margin. Ripeness.

## INTRODUÇÃO

A produção da cana-de-açúcar no Brasil é referência mundial, com uma perspectiva para safra 2019/20 de atingir 642,7 milhões de toneladas de colmo, podendo fechar acima 3,6% da safra anterior mesmo colhendo menor quantidade de área (8,48 milhões de hectares, 1,3% menor que na safra 2018/19) (CONAB, 2019). Mesmo sendo referência no uso de tecnologias e com uma grande quantidade de materiais genéticos, ainda se encontra dificuldades com a precocidade de colheita dos canaviais, principalmente, devido a antecipação e o atraso no encerramento da safra. A alternativa utilizada para amenizar essa condição é o uso de maturadores, que podem promover aumento qualitativo e quantitativo na produção de cana-de-açúcar (CAPUTO et al., 2007).

Os reguladores vegetais ou maturadores são alternativas já utilizadas para o manejo de precocidade de maturação da cultura em períodos de alto potencial vegetativo, pois agem alterando a morfologia e fisiologia das plantas retardando seu crescimento e promovendo o aumento do acúmulo de sacarose nos colmos (MESCHEDÉ et al., 2009). A adoção deste manejo permite a antecipação de colheita, promovem melhorias na qualidade tecnológica da cultura e maior retorno econômico (LEITE et al., 2009; CAPUTO et al., 2008).

O manejo nutricional é outra prática, que está sendo associada com os reguladores vegetais, devido a alguns nutrientes estarem relacionados com a produção e acúmulo de sacarose nos colmos (KORNDORFER et al., 1995; FRANCO et al., 2009). Os nutrientes atuam na produção, transporte e acúmulo de açúcar, portanto, para a planta em equilíbrio nutricional, estes aspectos são potencializados, principalmente, em condições que se observa restrição de absorção de nutrientes via solo (VAZQUEZ; SANCHES, 2010; TAIZ et al., 2017).

O N e Mg, que atuam no complexo antena para formação de clorofila, essencial para o fornecimento de energia à fotossíntese, assim como o S em deficiência pode interferir negativamente na concentração de clorofila (BUCHANAN et al., 2015). Há também o K, participando da ativação de enzimas que estão ligadas na síntese de sacarose, abertura e fechamento estomático (MOORE; BOTHA, 2014; OTTO et al., 2010). Os micronutrientes também apresentam papel importante neste processo de melhoria de qualidade da matéria-prima, como, o B, que atua facilitando o transporte de sacarose (DUGGER, 1983). O Mn participa da liberação de elétrons através da fotoxidação da molécula de água (MARSCHENER, 2012). Além de tudo isso, a deficiência de Zn pode prejudicar a captação e fixação de CO<sub>2</sub> da atmosfera (FAGAN et al., 2016).

O uso do adubo foliar também tem o propósito de reduzir o impacto negativo causado pela ação dos maturadores na produção de colmos, devido ao menor desenvolvimento

vegetativo. Leite et al. (2009) observaram que a aplicação de maturadores propiciou redução tanto na altura das plantas quanto na produtividade em toneladas de colmo por hectare (TCH).

Os nutrientes presentes no adubo foliar e que participam de atividades enzimáticas na planta de cana-de-açúcar, podem auxiliar em alguns processos fisiológicos, principalmente, melhorando a taxa fotossintética e conseqüentemente, possibilitando maior produção e acúmulo de sacarose nos colmos, melhorando assim a qualidade da matéria prima e o aumento da quantidade de colmos produzidos (OTTO et al., 2010; VAZQUEZ; SANCHES, 2010; JAMRO et al., 2002).

O uso do adubo foliar em estágio mais avançado da cultura da cana-de-açúcar, já próximo da colheita, com a finalidade de minimizar os efeitos desfavoráveis do maturador ou por sua atuação diretamente em atividades fisiológicas da planta, tem sido chamado de pré-maturador. Dessa forma, ainda não ocorreram os estudos capazes de estabelecer o melhor momento de aplicação, sua utilização isolada, concomitante, antes ou após o uso do maturador. Assim, neste trabalho, estabelece-se a hipótese de que o uso de maturador e pré-maturador, associados ou isolados, em diferentes épocas de aplicação, podem promover a redução no tempo da colheita da cana-de-açúcar, além aumentar a produtividade de sacarose, de colmos e da qualidade do caldo produzido. O objetivo desse trabalho foi avaliar características biométricas, produtivas e de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturador e pré-maturador, em datas anteriores a colheita.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Usina Cerradinho Bioenergia, no município de Chapadão do Céu /GO durante o primeiro ciclo da cultura da cana-de-açúcar entre 02/2018 e 04/2019, utilizando a variedade CTC 9001 com características de ciclo precoce, tolerante a seca, boa adequação em plantio mecanizado, destaque em produtividade com riqueza, adaptabilidade a ambientes restritivos e responsiva a aplicação de maturador. O estabelecimento do experimento ocorreu em latitude 18° 36' 06680'' S e longitude 52° 18' 86701'' W, com altitude de 810 m, o clima da região é do tipo Aw com inverno seco e verão com umidade elevada, com pluviosidade média anual de 1.634 mm (PEEL et al., 2007).

O acompanhamento das precipitações e temperaturas média mensais desde o plantio da área experimental até a colheita indicam altos índices de chuva e temperaturas mais altas de outubro/2018 a março/2019, período de maior crescimento vegetativo da cultura (Figura 1). O solo da área experimental utilizada é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura média. O ambiente de produção neste local é classificado como C, por apresentar teor de argila

em torno de 35% e fertilidade natural baixa (Tabela 1), necessitando de manejo nutricional específico para que se obtenha respostas satisfatórias de produção.

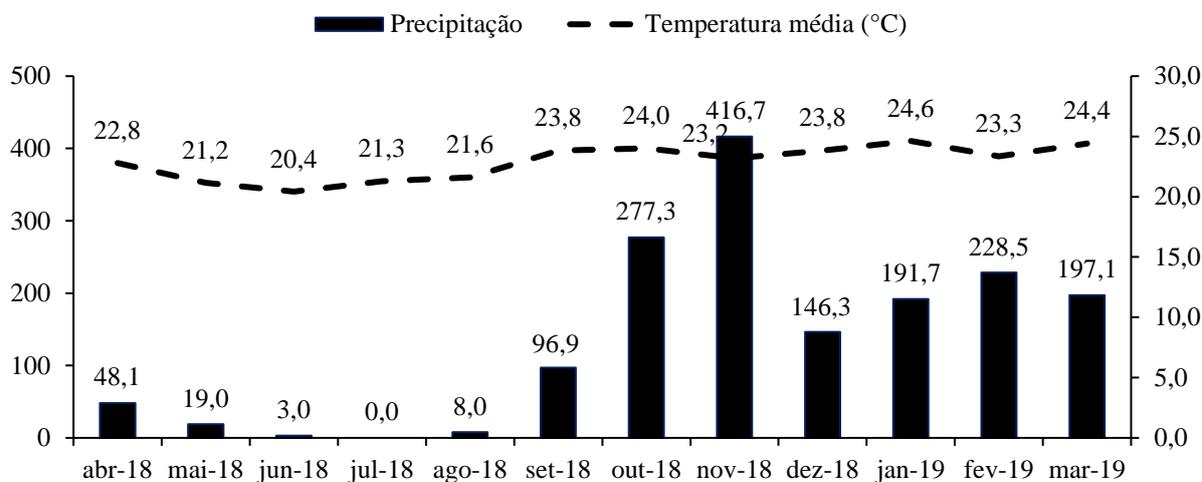


Figura 1. Dados climáticos mensais coletados na estação meteorológica da Usina Cerradinho, a partir do período de instalação da cultura até o momento da colheita.

As recomendações de correção e adubação foram realizadas conforme as necessidades da cultura, portanto, a calagem foi para elevar a saturação de bases para 60%, sendo que o teor de  $Mg^{+2}$  encontrava-se adequado, entre 5,0 e 10  $mmol_c dm^{-3}$ . A gessagem forneceu S, que na camada de 0-25 encontrava-se com teor médio (5,0 – 9,0  $mg dm^{-3}$ ). A adubação de plantio foi realizada adequando-se a expectativa de produtividade que nesta área ficava entre 100 e 120 toneladas por hectare. Assim, foi recomendando 30  $kg ha^{-1}$  de N, 100  $kg ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e 80  $kg ha^{-1}$  de  $K_2O$  (dividido em duas aplicações) (VILELA et al., 2004). Os teores de micronutrientes são considerados altos para B, Cu, Fe, Mn e Zn, quando os valores estiverem a partir de 0,5, 0,8, 12,0, 5,0 e 1,6  $mg dm^{-3}$ , respectivamente (GALRÃO, 2004).

Para correção do solo houve aplicação de gesso (0,96  $Mg ha^{-1}$ ) e calcário dolomítico (3,33  $Mg ha^{-1}$ ) que foram incorporados com grade de disco. Também foi feita uma, subsolagem para descompactação do solo em profundidade. O plantio mecanizado, foi realizado no dia 04/02/2018, consumindo 21 toneladas de toletes por hectare. No sulco de plantio houve tratamento com Piraclostrobina (125  $g ha^{-1}$  i.a.), Fipronil (200  $g ha^{-1}$  i.a.), Biozyme (0,5 L  $ha^{-1}$ ) e adubação de 420  $kg ha^{-1}$  do formulado 08-39-10, 273  $g ha^{-1}$  de B, 7,2  $g ha^{-1}$  de Mn, 6,7  $kg ha^{-1}$  de Zn e 6,27  $g ha^{-1}$  de S. Também ocorreu aplicação em cobertura com Uniport NPK de 162  $kg$  de  $K_2O ha^{-1}$  e aplicação aérea de adubo foliar nitrogenado (10  $kg$  de N  $ha^{-1}$ ).

Como tratos culturais realizou-se a aplicação de herbicida sequencial (Sulfentrazone – 440  $g ha^{-1}$  i.a.; 2,4-D – 503,7  $g ha^{-1}$  i.a.; Clomazona – 1.136  $g ha^{-1}$  i.a.; Tebutiurrom – 1.136  $g ha^{-1}$  i.a) após o plantio e uma em pós-emergência (Tebutiurrom – 1.136  $g ha^{-1}$  i.a.; 2,4-D – 433,7

g ha<sup>-1</sup>; Picloram – 26,7 g ha<sup>-1</sup> i.a.; Mesotriona – 100 g ha<sup>-1</sup> i.a.; Metribuzim – 1.668 g ha<sup>-1</sup> i.a.) para controle de plantas daninhas. Para controle de insetos pragas utilizou-se, duas aplicações de Clorantniliprole (21 g ha<sup>-1</sup> i.a.), uma de Flubendiamida (48 g ha<sup>-1</sup> i.a.), e uma de controle biológico com *Cotésia flavipes* (3 copos por hectare), conforme os monitoramentos e a necessidade devido à presença da praga.

Tabela 1. Resultado da análise química de solo, realizado em período anterior a implantação da cana-de-açúcar na área experimental, com amostras coletadas nas profundidades de 0,0-0,25 m e 0,25-0,50 m, Chapadão do Céu, GO, 2019.

Propriedades	Profundidade da análise de solo				
	0-25	25-50	Propriedades	0-25	25-50
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,3	4,1	SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	23,03	7,77
MO (g dm <sup>-3</sup> )	26,0	19,0	CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	63,03	40,77
P (mg dm <sup>-3</sup> )	7,0	3,0	V (%)	36,54	19,06
S (mg dm <sup>-3</sup> )	7,0	23,0	m (%)	5,46	23,15
Al <sup>+3</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,33	2,34	B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,54	0,51
H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	40,0	33,0	Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,20
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,34	0,27	Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	61,0	31,0
Ca <sup>+2</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	16,91	5,52	Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,40	0,10
Mg <sup>+2</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,78	1,98	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,60	0,20

Determinações químicas segundo Raij et al. (2001). MO – Matéria orgânica, CTC – capacidade de troca de cátions, SB – saturação por bases, m – saturação de alumínio.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos de uma testemunha, e períodos de aplicação do pré-maturador (80 e 40 dias antecedendo a colheita - DAC), associado ou não com maturador e apenas o maturador (40 DAC) (tabela 2). Cada parcela foi constituída de 90 m<sup>2</sup> com 6 linhas de 10 m de comprimento, espaçadas em 1,5 m entre si.

Os produtos utilizados foram o NeedTech como pré-maturador (2,0 L ha<sup>-1</sup>), que é um fertilizante mineral para aplicação foliar composto por Nitrogênio (2%), Potássio (2%), Magnésio (1%), Enxofre (1,63%), Boro (0,5%), Manganês (1%), Cobre (2%), Cobalto (0,2%), Molibdênio (2%) e Zinco (10%) e o maturador, sulfometurom-metílico (20 g ha<sup>-1</sup>), que é um regulador de crescimento sistêmico do grupo sulfoniluréias.

A aplicações foram realizadas nos dias 06/02/2019 e 13/03/2019, com auxílio de um pulverizador costal pressurizado (CO<sub>2</sub>) com barra aplicadora de 4,5 m, contendo seis pontas de pulverização Teejet 015 com espaçamento de 0,75 m entre pontas, na pressão de 35 PSI e vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. As pulverizações foram realizadas sempre no período da manhã, onde, a umidade relativa encontrava-se acima de 60%, velocidade do vento abaixo de 10 km h<sup>-1</sup> e as temperaturas mais amenas.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos adotados no experimento, Chapadão do Céu, GO, 2019.

Tratamentos	Épocas das aplicações e produtos utilizados
Testemunha	Testemunha (sem aplicação de pré-maturador e maturador)
P40	Pré-maturador 40 DAC
M40	Maturador 40 DAC
PM40	Pré-maturador + maturador 40 DAC
P80	Pré-maturador 40 DAC
P80P40	Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador 40 DAC
P80M40	Pré-maturador 80 DAC e maturador 40 DAC
P80PM40	Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador + maturador 40 DAC

Pré-maturador= NeedTech; maturador= Sulfometurom-metílico; Número médio em DAC= Dias antes da colheita.

Neste trabalho foram realizadas as seguintes análises: diagnose foliar, características biométricas e de produtividade, características tecnológicas e a margem de contribuição. Para diagnose foliar foram coletadas 10 folhas por parcela no momento da colheita (26/04/2019), sendo a folha da posição +3, desconsiderando-se a base e o ponteiro das folhas, utilizando apenas o terço médio sem nervura principal (MALAVOLTA et al., 1997). Em seguida foram enviadas ao laboratório para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Para verificar a inter-relação entre os teores de nutrientes foliares e as variáveis tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de pol por hectare (TPH), foram estimadas as correlações de Person entre as variáveis e utilizada a rede de correlações para expressar os resultados graficamente, onde a espessura dos traços reflete a magnitude das correlações.

Para as características biométricas e de produtividade, no dia 26/04/2019, foi realizada a contagem do número de perfilho e a determinação da produtividade de colmos nas 4 ruas centrais de 10 m de comprimento. Do montante colhido foram retirados três feixes com 10 canas cada, que serviram para a determinação da massa de 10 colmos (M10C) e as mensurações tecnológicas, realizadas conforme a metodologia descrita pelo CONSECANA (2006).

As variáveis tecnológicas determinadas foram o Brix (Br), fibra (F), pol da cana (pol), pureza do caldo (PUR), açúcares redutores do caldo (AR), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de sacarose por hectare colhido (TPH), onde, os parâmetros que compuseram as análises tecnológicas foram:

O Brix (Br) é o teor de sólidos solúveis em peso de caldo, determinado através de um refratômetro digital.

A Fibra (F) foi calculada através da Equação 1. Onde: PBU= peso úmido do bagaço da prensa.

$$F = 0,08 * PBU + 0,876 \quad \text{Equação 1}$$

Pol da cana (pol) foi determinado através da Equação 2. Onde: C= Coeficiente utilizado para transformação da pol do caldo extraído pela prensa (S) em pol da cana (pol).

$$POL = S * (1 - 0,01 * F) * C \quad \text{Equação 2}$$

Pureza do caldo (PUR) é definida como a porcentagem de pol em relação ao brix, foi calculada conforme a Equação 3. Onde: S= Pol do caldo; Bj= Brix do caldo.

$$PUR = 100 * \left(\frac{S}{Bj}\right) \quad \text{Equação 3}$$

Açúcares redutores do caldo % (AR) foi calculado pela Equação 4. Onde: Q= Pureza do caldo.

$$AR = 3,641 - 0,0343 * Q \quad \text{Equação 4}$$

Açúcar total recuperável (ATR) foi obtido pela Equação 5.

$$ATR = 9,526 * pol + 9,05 * AR \quad \text{Equação 5}$$

Tonelada de sacarose por hectare (TPH) foi determinado pela Equação 6. Onde: TCH= produtividade em tonelada de cana por hectare.

$$TPH = (pol * TCH)/100 \quad \text{Equação 6}$$

Para avaliar o resultado econômico dos tratamentos aplicados, foi calculado a margem de contribuição agrícola (MCA) conforme a Equação 7, que é basicamente a receita obtida com a matéria-prima entregue na indústria e os custos variáveis de colheita, transbordo e transporte, e tratamentos culturais da soqueira (FERNANDES, 2003).

$$MCA = VTC * (TCH - Garr) - GCCTt * TCH - GTSha \quad \text{Equação 7}$$

$$VTC = ATR * Patr$$

Onde:

MCA = margem de contribuição agrícola;

TCH = toneladas de cana por hectare (Mg cana ha<sup>-1</sup>);

Garr = custo do arrendamento, em tonelada de cana por hectare (Mg cana ha<sup>-1</sup>);

GCCTt = gastos com corte, carregamento e transporte da cana (R\$ Mg cana<sup>-1</sup>);

VTC = valor da tonelada de cana no sistema PCTS, em R\$ Mg cana<sup>-1</sup>;

ATR = açúcares teóricos recuperáveis, em kg.Mg cana<sup>-1</sup>;

Patr = preço por quilograma de ATR, em R\$ kg<sup>-1</sup>;

GTSha = gastos variáveis da aplicação dos tratamentos (produto + avião), em R\$ ha<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Correlações positivas foram

destacadas em verde, enquanto as negativas em vermelho. As análises foram realizadas com software Rbio (BHERING, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se correlação nas análises foliares com os micronutrientes através da rede de correlações, onde, os tratamentos com maiores teores de B e Mn obtiveram as maiores correlações positivas, ou seja, as maiores TCH (Figura 2). Pode-se observar que obtendo TCH maior, a qualidade (ATR) tende a ser menor, devido, a cultura estar em desenvolvimento e apresentar maior quantidade de açúcares redutores do caldo (AR) (MESCHEDÉ et al, 2010).

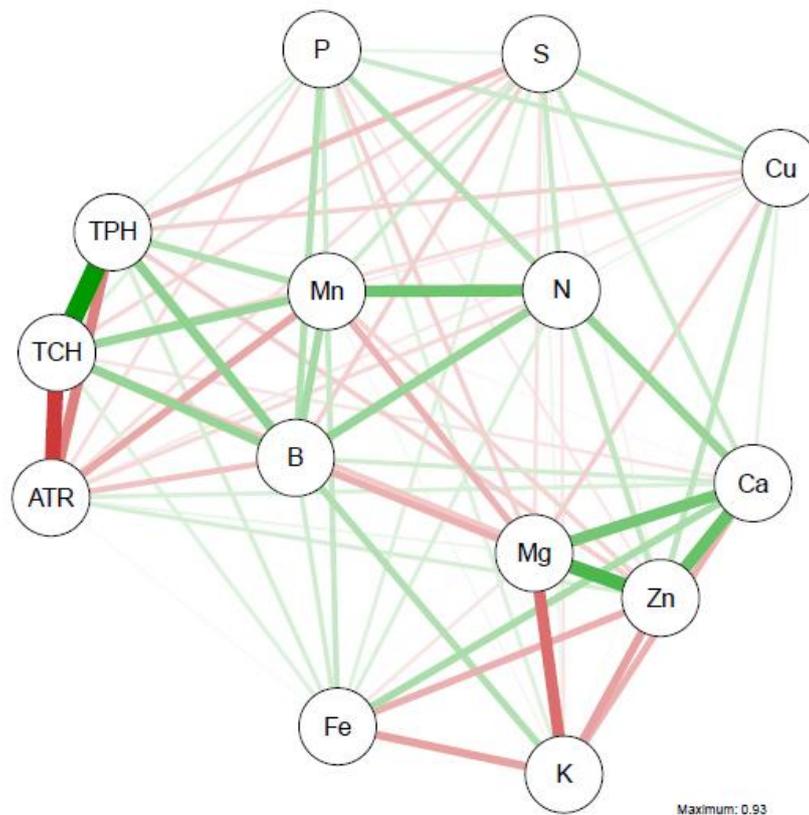


Figura 2. Análise de rede de correlações entre os teores de nutrientes foliares com produtividade em tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de sacarose por hectare (TPH).

O equilíbrio de alguns nutrientes pode potencializar o acúmulo de sacarose, porém, o B pode ser um limitante para que a cultura apresente melhoria no transporte de açúcar, por ser um micronutriente participante da formação de complexos de borato com açúcares, fazendo com que o transporte seja facilitado, e mesmo em teores ideais no solo conforme observado na análise (Tabela 1) a cultura respondeu a aplicação deste nutriente (MALAVOLTA, 2006).

O B é essencial para o desenvolvimento da cultura, pois está ligado a alguns processos fisiológicos, como, síntese e estruturação da parede celular e metabolismo de carboidratos,

sendo essencial para o desenvolvimento da cultura, por isso apresenta alta correlação com toneladas de colmo por hectare (Figura 2) (DECHEN et al., 1991; RÖMHELD, 2001). A deficiência de B pode interferir indiretamente o processo fotossintético, como, compostos nitrogenados (uracila) responsáveis pela síntese de sacarose, causando redução na produtividade dos tratamentos que apresentaram os menores teores deste nutriente (DUGGER, 1983).

O Mn é o segundo micronutriente de maior extração pela cultura da cana-de-açúcar, apresenta-se em menores quantidades principalmente em solos arenosos e está envolvida com enzimas ativadas por cátions e na fotossíntese (SULTANUM, 1972; TAIZ et al., 2017). No processo fotossintético, atua como doador de elétrons para o fotossistema II, síntese de clorofila e no funcionamento dos cloroplastos, portanto, pode ter potencializado estes processos, alavancado a produtividade destes tratamentos (PM40 e P80) (SULTANUM, 1972; MARSCHNER, 2012).

As variáveis qualitativas e quantitativas estudadas foram influenciadas significativamente pelas aplicações de pré-maturador e maturador, com exceção do teor de fibra (Tabela 3). Mesmo sem sofrer interferência, o teor de fibra para todos os tratamentos se encontra dentro de uma faixa entre 11 e 13%, sendo o ideal para que tenha, para que a mesma após passar pelo processo de moagem seja destinada a caldeira para produção de energia (RIPOLI & RIPOLI, 2004).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para massa de 10 colmos (M10C), produtividade (TCH), teor de sólidos solúveis (Brix), fibra (F), pol da cana (pol), pureza do caldo (PUR), açúcares redutores do caldo (AR), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de sacarose por hectare (TPH), em função da aplicação de pré-maturador e de maturador em cana-de-açúcar em períodos diferentes, Chapadão do Céu, GO, 2019.

F.V.	G.L.	Quadrados médios								
		M10C	TCH	Brix	F	Pol	PUR	AR	ATR	TPH
Bloco	3	0,06 <sup>ns</sup>	3,65 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Trat	7	6,34*	256,21*	0,42*	0,10 <sup>ns</sup>	0,55*	3,83*	0,005*	39,60*	2,49*
Resíduo	21	0,07	5,14	0,04	0,04	0,05	0,33	0,001	1,91	0,08
CV (%)		1,73	2,06	1,10	1,66	1,61	0,68	3,66	1,02	2,02

\*significativo a 5,0% de probabilidade. ns – não significativo. F.V. – Fator de Variação. G.L. – Grau de Liberdade. Trat – Tratamentos.

Para massa de 10 colmos e TCH a aplicação de PM40 dias antes da colheita (DAC) proporcionou um incremento em 22,6 e 22,8%, respectivamente, quando comparados a testemunha (Tabela 4), representando 21,2 toneladas de cana (TCH). O que permite observar que para este tratamento de maior produtividade houve uma correlação com o AR maior (Tabela 4), pois, indica que o teor de glicose e frutose estavam altos, proporcionando maior

desenvolvimento vegetativo da cultura (RIPOLI; RIPOLI, 2004). Orlando Filho et al. (2001) relatam que a cultura da cana-de-açúcar apresenta fome oculta sem demonstrar sintomas claros, sendo que um possível sintoma possa ser a redução de produtividade, o que pode explicar o aumento de produtividade obtido neste trabalho com a utilização do pré-maturador.

Tabela 4. Massa de 10 colmos (M10C), produtividade (TCH), teor de sólidos solúveis (Brix), fibra (F), pol da cana (pol), pureza do caldo (PUR), açúcares redutores do caldo (AR), açúcar total recuperável (ATR) e tonelada de sacarose por hectare (TPH), obtidos através da aplicação em diferentes períodos de pré-maturador e de maturador em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO.

	M10C (Kg)	TCH	Brix (%)	F (%)	Pol (%)	PUR (%)	AR	ATR (Kg/ton)	TPH
Testemunha	14,6d	103,7e	18,7c	12,7a	13,2b	84,3c	0,75b	134,2b	13,7c
P40	15,5c	109,1d	18,8b	12,8a	13,2b	84,5c	0,74b	134,8b	14,5b
M40	15,4c	112,6c	19,4a	13,0a	13,6a	84,7c	0,74b	138,7a	15,3a
PM40	17,9a	124,9a	18,3d	13,0a	12,6c	82,9d	0,81a	129,5c	15,7a
P80	16,6b	116,3b	18,9b	12,5a	13,4b	84,0c	0,76b	136,1b	15,6a
P80P40	13,8e	98,9f	19,1b	12,8a	13,8a	86,2a	0,69c	139,2a	13,6c
P80M40	15,3c	106,6d	19,0b	12,6a	13,7a	85,4b	0,72c	138,2a	14,5b
P80PM40	15,0c	107,4d	18,9b	12,8a	13,6a	85,1b	0,75b	136,4b	14,6b

Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si estatisticamente a 5,0% de probabilidade.

Observou-se maiores teores de Brix e pol com a aplicação de M40 DAC (aumento de 3,7% e 3,0%, respectivamente, quando comparados a testemunha), porém, para a última variável citada este tratamento não diferiu do P80 e do P80M40 DAC. Estes três tratamentos citados, também apresentaram a maior quantidade de açúcar total recuperável (ATR), ou seja, houve um aumento na produção de açúcares (glicose, frutose e sacarose) melhorando qualitativamente a matéria-prima.

O período de aplicação do maturador com alta umidade e temperatura pode ter favorecido sua ação, antecipando o acúmulo de sacarose nos colmos, o que não se observa quando o clima não é favorável para o crescimento e desenvolvimento da cultura (LEITE, 2009). O maturador do grupo sulfoniluréias age inibindo a síntese de acetolactato sintetase (ALS), comprometendo a produção de alguns aminoácidos precursores da formação de proteínas essenciais a formação de novas células, fazendo com que a planta reduza seu potencial vegetativo e inicie o processo de maturação (MARCHI et al., 2008).

Em trabalho realizado por Meschede et al. (2009), observaram incremento de sacarose no colmo da cana com a aplicação de maturadores, que pode estar relacionado a ação deste, em atuar no transporte de sacarose e aumentar seu acúmulo nos colmos, esta ação deve-se a inibição

do crescimento e da divisão celular, fazendo com que a planta não utilize suas fontes de carboidratos para emitir novas folhas e permitir seu desenvolvimento.

Com a aplicação do sulfometuron-methyl em período de umidade, Almeida et al. (2005) observaram aos 21 dias, melhorias da qualidade da matéria-prima, proporcionando aumento nos teores de pol, ou seja, fazendo com que a planta acumule sacarose em maiores proporções comparando com a testemunha, permitindo a antecipação da colheita em 15 dias.

Com a utilização de Sulfometuron-methyl, complexo de micronutrientes e destes associados, Bet (2015) observou aumento de sacarose nos colmos aos 30, 45 e 60 dias após aplicação, corroborando com os resultados obtidos (Tabela 4) para pol. Assim, como Crusciol et al. (2010), que verificaram incremento não só no acúmulo de sacarose, mas também em tonelada de colmo por hectare.

Observa-se que as duas aplicações de P80P40 DAC, proporcionaram maior concentração de sacarose nos sólidos solúveis, indicando uma maior pureza do caldo comparado com os demais tratamentos. A pureza do caldo é um dos principais parâmetros para determinar a produção de sacarose, indicando a maturação da cana-de-açúcar, portanto, quanto maior esta variável melhor será a qualidade da matéria-prima (LAVANHOLI, 2008).

A utilização de fertilizante foliar em pré-maturação melhora atividades enzimáticas por serem constituintes destes processos, bem como, eleva a taxa fotossintética e aumenta a produtividade da cultura (MARSCHNER, 2012). Como exemplo, o N e o Mg são constituintes da clorofila e quando oxidados produzem energia necessária para o processo fotossintético (BUCHANAN; GRUISSEM; JONES, 2015). O K é um dos nutrientes de maior necessidade da cultura, e está envolvido na ativação de várias enzimas que promovem a síntese de sacarose e aumentam a produção de colmos, devido, sua concentração estar diretamente ligado a abertura e fechamento dos estômatos, que pode interferir diretamente na taxa fotossintética das plantas (OTTO et al., 2010).

Os tratamentos com PM40, P80 e M40 DAC, apresentaram os maiores TPH em 14,6%, 13,8% e 11,7%, respectivamente (Tabela 4). Observa-se que o TCH foi a variável de maior correlação positiva para o TPH (Figura 2), portanto, os colmos podem ter sofrido alterações anatômicas, aumentando em tamanho e peso, proporcionando uma maior capacidade de armazenamento de sacarose (LINGLE et al., 2009).

As aplicações P80 DAC e M40 DAC, foram os que apresentaram o maior retorno econômico por hectare comparado com a testemunha em 14,9% e 18,2%, respectivamente, mostrando a importância de se obter boas produtividades de colmos e de açúcar (Tabela 4) e

garantir um menor custo nos tratamentos, para se obter maior margem de contribuição (LEITE et al., 2009).

Tabela 5. Margem de contribuição obtido através da aplicação em diferentes períodos de adubo foliar e de regulador de crescimento em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO, 2019.

Margem de contribuição (R\$ ha <sup>-1</sup> )	
Testemunha	2.827c
P40	2.881c
M40	3.341a
PM40	3.073b
P80	3.249a
P80P40	2.518d
P80M40	2.865c
P80PM40	2.642d

Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si estatisticamente a 5,0% de probabilidade.

Estes resultados permitem ter dois manejos diferentes e que apresentam as maiores margens de contribuição, pois, quando a prioridade for TCH, a aplicação de P80 DAC seria o manejo ideal necessitando de um período maior para que tal área esteja disponível e pronta a ser colhida. Quando se busca maior qualidade e necessidade de colheita mais imediata, o tratamento com a aplicação do M40 DAC deverá ser adotado.

## CONCLUSÕES

O uso do pré-maturador associado ao maturador aos 40 DAC aumentou a produtividade de colmos de cana-de-açúcar.

As características tecnológicas da cana-de-açúcar são influenciadas pela aplicação isolada ou em conjunto do maturador e pré-maturador, exceto para fibra.

A maior produção de sacarose e margem de contribuição foram alcançadas com o uso isolado do pré-maturador aplicado aos 80 DAC e apenas o maturador aos 40 DAC.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. V. et al. Efeitos de maturadores nas características tecnológicas da cana-de-açúcar com e sem estresse hídrico. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 26, n. 4, p.441-447, 2005.

BET, J. A. **Indutores de maturação e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar**. 2015. 112 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia e Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.17: 187-190p, 2017.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.: JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology fo plants**. 2nd ed. West Sussex, John Wiley & Sons, 2015, 1280 p.

CAPUTO, M. M. et al. Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. **Interciencia**, v. 32, n. 12, 2007.

CAPUTO, M. M. et al. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 15-23, 2008.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**, v. 6, n. 3, 2019.

CONSECANA. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 2006. 111 p.

CRUSCIOL, C. A. C.; LEITE, G. H. P.; SIQUEIRA, G. F. Uso de maturadores com ou sem mistura. In: CRUSCIOL, C. A. C. et al. (Ed.). **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 93-102.

DECHEN, A.R. et al. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; RUZ, M.C.P. (Coord.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, 1991, 65-78 p.

DUGGER, W.M. **Boron in metabolism**. Encyclopedia of Plant Physiology. New York: SPRINGER-VERLAG, 1983. 626P.

FAGAN, E. B. et al. **Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. São Paulo: Andrei, 2016. 305 p.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.

FRANCO, H. C. J. et al. Produtividade e atributos tecnológicos da cana-planta relacionados à aplicação de zinco. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 27, n. 5, p. 30-34, 2009.

GALRÃO, E. Z. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2º Ed. – Brasília: Embrapa, 2004, 185-223 p.

JAMRO, G. H. et al. Effect of foliar application of micro nutrients on the growth traits of sugarcane variety Cp-65/357. **Asian Journal of Plant Sciences**, Dubai, v. 1, n. 4, p. 462-463, 2002.

KORNDÖRFER, G. et al. Avaliação de três variedades de cana (*Saccharum officinarum*) submetidas a adubação com micronutrientes. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.14, n.1, p.23- 26, 1995.

LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima para produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação: IAC, p. 697-722, 2008.

LEITE, G. H. P. et al. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar em função da aplicação de reguladores vegetais no início de safra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 726-732, 2009.

LINGLE, S. E. et al. Recurrent selection for sucrose content has altered growth and sugar accumulation in sugarcane. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 113, n. 3, p.306-311, set. 2009.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas** (2a. edição), Potafos, Piracicaba, SP. 1997, 319p.

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

MARCHI, G. et al. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. **Documentos/Embrapa Cerrado**: 227, Planaltina, v. 1, n. 227, p.1- 36, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 2012, 651 p.

MESCHEDE, D. K. et al. Ação de diferentes maturadores na produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 2, p. 62-67, 2009.

MESCHEDE, D.K. et al. Efeitos do glyphosate e sulfometuron-methyl no crescimento e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Plantas daninhas**, Viçosa-MG, v. 28, p. 1135-1141, 2010.

MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. **Sugarcane**: physiology, biochemistry, and functional biology. Ames: Wiley & Sons, 2014. 765 p.

ORLANDO FILHO, J. et al. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. RAIJ, B. ABREU, C. A. (Eds). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, p. 355-369, 2001.

OTTO, R. et al. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 34, p. 1137- 1145, 2010.

PEEL, M. C. McMahon. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, European Geosciences Union, 2007, pp.439-473.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004, 302 p.

RÖMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de deficiência e toxicidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P., RAIJ, B. van, ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFÓS, 2001. p.72-86.

SULTANUM, E. Considerações sobre a sintomatologia de micronutrientes em cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro v. 83, n.2, p.1-15, 1972.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6º Ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017, 119-121 p.

VASQUEZ, G. H.; SANCHES, A. C. Formas de aplicação de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 7, n. 1, 2010.

VILELA, L. et al. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2º Ed. – Brasília: Embrapa, 2004, 367-382 p.

## CAPÍTULO 2

### QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRÉ-MATURADOR E MATURADOR EM DIFERENTES PERÍODOS

**RESUMO:** O processo de maturação da cana-de-açúcar ocorre em baixas temperaturas e/ou déficit hídrico, portanto, em períodos de altas precipitações há a necessidade de adotar manejos para induzir a cultura a maturar. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de pré-maturador e maturador em diferentes períodos, nas características tecnológicas da cana-de-açúcar. O delineamento experimental utilizado foi um fatorial em blocos casualizados com oito período de aplicações, quatro repetições e 5 tempos de avaliações. As aplicações foram constituídos por: Testemunha, P40 – Pré-maturador 40 DAC (dias antes da colheita), M40 – Maturador 40 DAC, PM40 - Pré-maturador + maturador 40 DAC, P80 – Pré-maturador 80 DAC, P80P40 – Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador 40 DAC, P80M40 – Pré-maturador 80 DAC e maturador 40 DAC, P80PM40 – Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador + maturador 40 DAC. Os tempos de avaliações constituídos em 0, 15, 30, 60 e 80 dias após a aplicação. Para as variáveis Bix, fibra e pol da cana apenas os tempos de avaliações interferiram com aumento gradativo até aos 80 dias antes da colheita (DAC), apresentando as maiores médias, exceto para fibra que aos 15 DAC houve sua maior média e após uma redução até aos 80 DAC. Pode-se concluir que houve influência utilizando pré-maturador associado ao maturador em diferentes períodos de aplicação e conforme o tempo de avaliação. Porém, as aplicações PM40, P80M40 e P80PM40 foram os que apresentaram as melhores qualidades aos 80 DAC, onde, não houve diferença na pureza do caldo neste tempo. Os valores de AR foram maiores que a testemunha não diferindo dos demais e para ATR apresentaram aumentos em 4,8%, 5,6% e 4,4%, quando comparados com a testemunha.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L. Sulfometurom-matil. Curva de maturação.

## CHAPTER 2

### TECHNOLOGICAL QUALITY OF SUGARCANE ACCORDING TO THE APPLICATION OF PRE-MATURATION AND MATURATION IN DIFFERENT PERIODS

**ABSTRACT:** The sugarcane maturation process occurs at low temperatures and/or water deficit, therefore, in periods of high rainfall there is a need to adopt management to induce the crop to mature. Therefore, the aim of this study was to assess the effect of the application of pre-ripeners and ripeners in different periods in the technological characteristics of sugarcane. The experimental design used was a factorial in randomized blocks, with eight treatments and four replications. The treatments consisted of: Witness, P40– Pre- Ripener 40 DAC (days before harvest), M40– Ripener 40 DAC, PM40– Pre- Ripener + Ripener 40 DAC, P80– Pre- Ripener 80 DAC, P80P40 – Pre-Ripener 80 DAC and Pre-Ripener 40 DAC, P80M40 – Pre- Ripener 80 DAC and Ripener 40 DAC, P80PM40 – Pre-Ripener 80 DAC and Pre-Ripener + Ripener 40 DAC. The evaluation times consisted of 0, 15, 30, 60 and 80 days after application. For the variables Brix, fiber and sugar cane, only the evaluation times interfered with a gradual increase up to 80 DAC. Therefore, it can be concluded that there was an influence using pre-ripeners associated with the ripener in different application periods and according to the evaluation time. However, applications of PM40, P80M40 and P80PM40 were the ones that showed the best qualities at 80 ADC, where, there was no difference in the purity of the broth at this time. The AR values were greater than the witness, not differing from the others and for ATR they showed increases in 4 , 8%, 5.6% and 4.4%, when compared to the witness.

**Keywords:** *Saccharum officinarum* L. NeedTech®. Curavial®. Maturation curve.

## INTRODUÇÃO

O processo de maturação da cana-de-açúcar ocorre naturalmente em períodos de temperaturas (menores que 20°C) e/ou índices pluviométricos baixos porque proporciona redução no desenvolvimento vegetativo e o armazenamento no colmo do açúcar produzido, podendo variar conforme o ciclo de maturação de cada variedade (ANDRADE, 2006). O clima tem grande influência na qualidade da matéria-prima produzida, necessitando em períodos de altas precipitações a indução da maturação da planta, para que reduza seu desenvolvimento e acumule sacarose nos colmos, mesmo nestes momentos favoráveis para o crescimento (CAPUTO et al., 2008).

A alternativa para amenizar essa condição é o uso de maturadores, que podem promover aumento qualitativo e quantitativo na produção de cana-de-açúcar, atuando na maturação da cultura em períodos de alto potencial vegetativo, pois agem alterando a morfologia e fisiologia das plantas retardando seu crescimento e promovendo o acúmulo de sacarose nos colmos (MESCHEDE et al., 2010).

A utilização de maturador permite a antecipação no período de colheita, independente do produto utilizado, quando comparado com maturação natural e uma maior homogeneidade de maturação entre variedades, possibilitando a colheita ao mesmo tempo de materiais com características genéticas diferentes (CAPUTO et al., 2008). A aplicação de sulfometurom-metyl pode antecipar em 15 dias a colheita e aos 30 dias após a aplicação apresenta aumento na % Pol possibilitando a colheita antecipadamente (ALMEIDA et al., 2005).

O manejo nutricional é outra prática, que ainda recente, mas que está sendo estudada em grande escala, porque, alguns macronutrientes estão ligados ao aumento da produção de sacarose nos colmos, como N e Mg, que atuam no complexo antena para formação de clorofila, essencial para o fornecimento de energia à fotossíntese, assim como o S em deficiência pode interferir negativamente na concentração de clorofila (BUCHANAN et al., 2015). Há também o K, nutriente de maior requerimento pela cultura, participando da ativação de muitas enzimas que estão ligadas na síntese de amido e sacarose, abertura e fechamento estomático (MOORE; BOTHA, 2014; OTTO et al, 2010).

Os micronutrientes também apresentam papel importante neste processo de melhoria de qualidade da matéria-prima, como o B, que atua facilitando o transporte de sacarose (DUGGER, 1973). No processo de fotólise, tem papel fundamental o Cl e o Mn e não só nutrientes como o Ca, que participa dessa reação como sinalizador da molécula de água, onde ocorre a liberação de elétrons através da fotoxidação dessa molécula, e o Cu, que é responsável pela transferência desses elétrons e cofator de enzimas atuantes na fotossíntese, como, a superóxido desmutase de

Cu e Zn (CASTRO, 2016; MARSCHENER, 2012). O Mo é requerido em menores níveis, mas atua como cofator de sistemas enzimáticos, como, nitrato redutase e nitrogenase (CASTRO, 2016). Além de tudo isso, a deficiência de Zn pode prejudicar a captação e fixação de CO<sub>2</sub> da atmosfera (FAGAN et al., 2016).

Por estarem ligados a algumas atividades enzimáticas, os nutrientes auxiliam em alguns processos fisiológicos das plantas, principalmente, melhorando a taxa fotossintética e conseqüentemente, há uma maior produção e acúmulo de sacarose nos colmos, melhorando assim a qualidade da matéria prima (OTTO et al., 2010; VAZQUEZ; SANCHES, 2010; JAMRO et al., 2002).

Portanto, para definir o período de melhor qualidade da matéria-prima, a curva de maturação é um método que permite identificar qual o período ideal de colheita, como, a precocidade de variedades e o nível mínimo de sacarose, facilitando a tomada de decisões para cada característica de manejo (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2009).

O método da curva de maturação pode ser utilizado para a determinação da eficiência e período em que a cultura atinge seu ponto de colheita através da aplicação de produtos, cujo objetivo seja para melhoria da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar e obtenção de maior retorno econômico (LEITE et al., 2009). A partir desta curva de maturação é realizado o planejamento de colheita e determinado o momento de maior acúmulo de sacarose para cada manejo adotado (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2009).

Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de pré-maturador e maturador em diferentes períodos, nas características tecnológicas da cana-de-açúcar.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Usina Cerradinho Bioenergia, no município de Chapadão do Céu /GO durante o primeiro ciclo da cultura da cana-de-açúcar entre 02/2018 e 04/2019, utilizando a variedade CTC 9001 com características de ciclo precoce, tolerante a seca, boa adequação em plantio mecanizado, destaque em produtividade com riqueza, adaptabilidade a ambientes restritivos e responsiva a aplicação de maturador. O estabelecimento do experimento ocorreu em latitude 18° 36' 06680'' S e longitude 52° 18' 86701'' W, com altitude de 810 m, o clima da região é do tipo Aw com inverno seco e verão com umidade elevada, com pluviosidade média anual de 1.634 mm (PEEL et al., 2007).

O acompanhamento das precipitações e temperaturas média mensais desde o plantio da área experimental até a colheita indicam altos índices de chuva e temperaturas mais altas de outubro/2018 a março/2019, período de maior crescimento vegetativo da cultura (Figura 1). O

solo da área experimental utilizada é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura média. O ambiente de produção neste local é classificado como C, por apresentar teor de argila em torno de 35% e fertilidade natural baixa (Tabela 1), necessitando de manejo nutricional específico para que se obtenha respostas satisfatórias de produção.

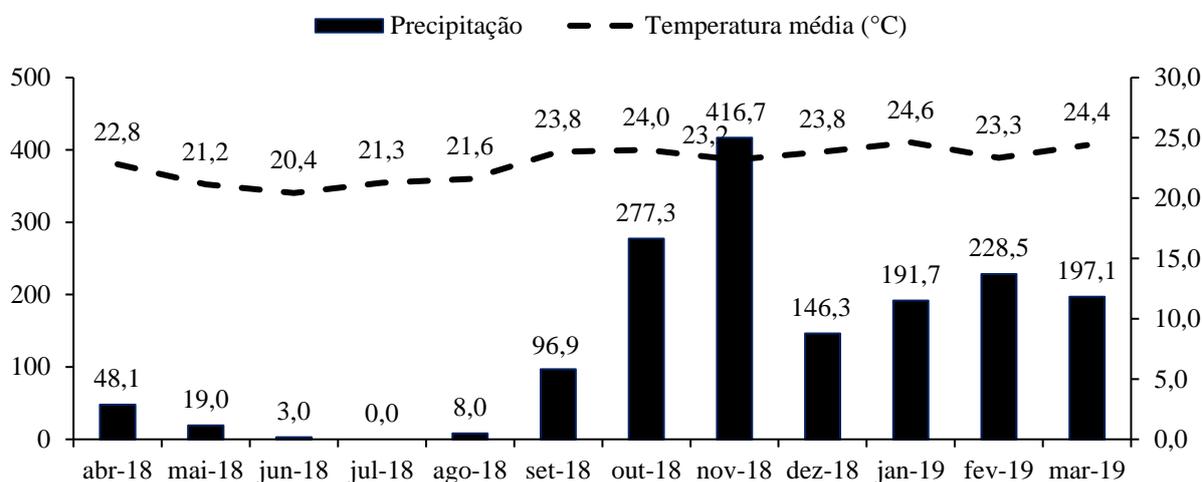


Figura 3. Dados climáticos mensais a partir do período de instalação da cultura até o momento da colheita.

As recomendações de correção e adubação foram realizadas conforme as necessidades da cultura, portanto, a calagem foi para elevar a saturação de bases para 60%, sendo que o teor de  $Mg^{+2}$  encontrava-se adequado, entre 5,0 e 10  $mmol_c\ dm^{-3}$ . A gessagem forneceu S, que na camada de 0-25 encontrava-se com teor médio (5,0 – 9,0  $mg\ dm^{-3}$ ). A adubação de plantio foi realizada adequando-se a expectativa de produtividade que nesta área ficava entre 100 e 120 toneladas por hectare. Assim, foi recomendando 30  $kg\ ha^{-1}$  de N, 100  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e 80  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  (dividido em duas aplicações) (VILELA et al., 2004). Os teores de micronutrientes são considerados altos para B, Cu, Fe, Mn e Zn, quando os valores estiverem a partir de 0,5, 0,8, 12,0, 5,0 e 1,6  $mg\ dm^{-3}$ , respectivamente (GALRÃO, 2004).

Para correção do solo houve aplicação de gesso (0,96  $Mg\ ha^{-1}$ ) e calcário dolomítico (3,33  $Mg\ ha^{-1}$ ) que foram incorporados com grade de disco. Também foi feita uma, subsolagem para descompactação do solo em profundidade. O plantio mecanizado, foi realizado no dia 04/02/2018, consumindo 21 toneladas de toletes por hectare. No sulco de plantio houve tratamento com Piraclostrobina (125  $g\ ha^{-1}$  i.a.), Fipronil (200  $g\ ha^{-1}$  i.a.), Biozyme (0,5 L  $ha^{-1}$ ) e adubação de 420  $kg\ ha^{-1}$  do formulado 08-39-10, 273  $g\ ha^{-1}$  de B, 7,2  $g\ ha^{-1}$  de Mn, 6,7  $kg\ ha^{-1}$  de Zn e 6,27  $g\ ha^{-1}$  de S. Também ocorreu aplicação em cobertura com Uniport NPK de 162  $kg$  de  $K_2O\ ha^{-1}$  e aplicação aérea de adubo foliar nitrogenado (10  $kg$  de N  $ha^{-1}$ ).

Tabela 1. Resultado da análise química de solo, realizado em período anterior a implantação da cana-de-açúcar na área experimental, com amostras coletadas nas profundidades de 0,0-0,25 m e 0,25-0,50 m, Chapadão do Céu, GO, 2019.

Propriedades	Profundidade da análise de solo				
	0-25	25-50	Propriedades	0-25	25-50
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,3	4,1	SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	23,03	7,77
MO (g dm <sup>-3</sup> )	26,0	19,0	CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	63,03	40,77
P (mg dm <sup>-3</sup> )	7,0	3,0	V (%)	36,54	19,06
S (mg dm <sup>-3</sup> )	7,0	23,0	m (%)	5,46	23,15
Al <sup>+3</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,33	2,34	B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,54	0,51
H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	40,0	33,0	Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,20
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,34	0,27	Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	61,0	31,0
Ca <sup>+2</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	16,91	5,52	Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,40	0,10
Mg <sup>+2</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,78	1,98	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,60	0,20

Determinações químicas segundo Raij et al. (2001). MO – Matéria orgânica, CTC – capacidade de troca de cátions, SB – saturação por bases, m – saturação de alumínio.

Como tratos culturais realizou-se a aplicação de herbicida sequencial (Sulfentrazone – 440 g ha<sup>-1</sup> i.a.; 2,4-D – 503,7 g ha<sup>-1</sup> i.a.; Clomazona – 1.136 g ha<sup>-1</sup> i.a.; Tebutiurum – 1.136 g ha<sup>-1</sup> i.a) após o plantio e uma em pós-emergência (Tebutiurum – 1.136 g ha<sup>-1</sup> i.a.; 2,4-D – 433,7 g ha<sup>-1</sup>; Picloram – 26,7 g ha<sup>-1</sup> i.a.; Mesotriona – 100 g ha<sup>-1</sup> i.a.; Metribuzim – 1.668 g ha<sup>-1</sup> i.a.) para controle de plantas daninhas. Para controle de insetos pragas utilizou-se, duas aplicações de Clorantniliprole (21 g ha<sup>-1</sup> i.a.), uma de Flubendiamida (48 g ha<sup>-1</sup> i.a.), e uma de controle biológico com *Cotésia flavipes* (3 copos por hectare), conforme os monitoramentos e a necessidade devido à presença da praga.

O delineamento experimental foi um fatorial em blocos casualizados com oito aplicações, cinco tempos de avaliações e quatro repetições. As aplicações foram compostas de uma testemunha, e períodos de aplicação do pré-maturador (80 e 40 dias antecedendo a colheita - DAC) associado ou não com maturador e apenas o maturador (40 DAC) (tabela 2) e os tempos de avaliações foram aos 0, 15, 30, 60 e 80 dias após a aplicação. Cada parcela foi constituída de 90 m<sup>2</sup> com 6 linhas de 10 m de comprimento, e espaçadas em 1,5 m entre si.

Os produtos utilizados foram o NeedTech como pré-maturador (2,0 L ha<sup>-1</sup>), que é um fertilizante mineral para aplicação foliar composto por Nitrogênio (2%), Potássio (2%), Magnésio (1%), Enxofre (1,63%), Boro (0,5%), Manganês (1%), Cobre (2%), Cobalto (0,2%), Molibdênio (2%) e Zinco (10%) e o maturador, sulfometurom-metílico (20 g ha<sup>-1</sup>), que é um regulador de crescimento sistêmico do grupo sulfoniluréias.

A aplicações foram realizadas nos dias 06/02/2019 e 13/03/2019, com auxílio de um pulverizador costal pressurizado (CO<sub>2</sub>) com barra aplicadora de 4,5 m, contendo seis pontas de

pulverização Teejet 015 com espaçamento de 0,75 m entre pontas, na pressão de 35 PSI e vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. As pulverizações foram realizadas sempre no período da manhã, onde, a umidade relativa encontrava-se acima de 60%, velocidade do vento abaixo de 10 km h<sup>-1</sup> e as temperaturas mais amenas.

Os produtos utilizados foram o NeedTech como pré-maturador (2,0 L ha<sup>-1</sup>), que é um fertilizante mineral para aplicação foliar composto por Nitrogênio (2%), Potássio (2%), Magnésio (1%), Enxofre (1,63%), Boro (0,5%), Manganês (1%), Cobre (2%), Cobalto (0,2%), Molibdênio (2%) e Zinco (10%) e o regulador de crescimento, sulfometurom-metílico (20 g ha<sup>-1</sup>), que é um maturador sistêmico do grupo sulfoniluréias.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos adotados no experimento, Chapadão do Céu, GO, 2019.

Tratamentos	Épocas das aplicações e produtos utilizados
Testemunha	Testemunha (sem aplicação de pré-maturador e maturador)
P40	Pré-maturador 40 DAC
M40	Maturador 40 DAC
PM40	Pré-maturador + maturador 40 DAC
P40	Pré-maturador 40 DAC
P80P40	Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador 40 DAC
P80M40	Pré-maturador 80 DAC e maturador 80 DAC
P80PM40	Pré-maturador 80 DAC e pré-maturador + maturador 40 DAC

Pré-maturador= NeedTech; maturador= Sulfometurom-metílico; Número médio em DAC= Dias antes da colheita.

Foram realizadas análises de características tecnológicas, durante os tempos de avaliações. Foram retirados três feixes com 10 canas cada, que serviram para as mensurações tecnológicas, realizadas a metodologia descrita pelo CONSECANA, (2006).

As variáveis tecnológicas determinadas foram o Brix (Br), fibra (F), pol da cana (pol), pureza do caldo (PUR), açúcares redutores do caldo (AR) e açúcar total recuperável (ATR), onde, os parâmetros que compuseram as análises tecnológicas foram:

O Brix (Br) é o teor de sólidos solúveis em peso de caldo, determinado através de um refratômetro digital.

A Fibra (F) foi calculada através da Equação 1. Onde: PBU= peso úmido do bagaço da prensa.

$$F = 0,08 * PBU + 0,876 \quad \text{Equação 1}$$

Pol da cana (pol) foi determinado através da Equação 2. Onde: C= Coeficiente utilizado para transformação da pol do caldo extraído pela prensa (S) em pol da cana (pol).

$$POL = S * (1 - 0,01 * F) * C \quad \text{Equação 2}$$

Pureza do caldo (PUR) é definida como a porcentagem de pol em relação ao brix, foi calculada conforme a Equação 3. Onde: S= Pol do caldo; Bj= Brix do caldo.

$$PUR = 100 * \left(\frac{S}{Bj}\right) \quad \text{Equação 3}$$

Açúcares redutores do caldo % (AR) foi calculado pela Equação 4. Onde: PUR= Pureza do caldo.

$$AR = 3,641 - 0,0343 * Q \quad \text{Equação 4}$$

Açúcar total recuperável (ATR) foi obtido pela Equação 5.

$$ATR = 9,526 * PC + 9,05 * AR \quad \text{Equação 5}$$

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para os tempos de análises foram submetidos a análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar que para as variáveis brix, fibra e pol da cana apenas os tempos de avaliações interferiram com aumento gradativo até o tempo 80 DAC, apresentando as maiores médias, exceto para fibra que aos 15 DAC obteve sua maior média e após redução até aos 80 DAC. Porém, para os períodos de aplicações e a interação entre fatores, não houve significância (Tabela 3).

Há uma correlação negativa entre fibra e o aumento da qualidade da matéria-prima (acúmulo de sacarose), sendo o valor de 12% a 13% ideal para o início de safra, principalmente para variedades precoces, conforme pode-se observar na Tabela 3 (BARBOSA et al., 2007).

Para Brix e PC pode-se observar um incremento de 22,6% e 35,2%, respectivamente, na produção de açúcares quando comparados os tempos 0 e 80 (Tabela 3). Há respostas diferentes conforme a genética de cada variedade, porém, tem a tendência de aumentar com o passar do tempo, como observaram Caputo et al. (2008) ao projetarem as curvas de produção de sólidos solúveis para as variedades SP80-1842, PO82,62 e IAC91-2195, observaram que o estágio de maturação foi obtido no tratamento testemunha aos 63, 84 e 126 dias após a aplicação.

Levando em consideração que o ponto de maturação é determinada quando o PC chega em 13%, as aplicações PM40, P80M40 e P80PM40 foram as que chegaram a este ponto mais rapidamente, aos 68, 67 e 67 dias após a aplicação (DAA), respectivamente, antecipando 4, 5 e 5 dias quando comparado a testemunha, que chegou aos 72 DAA (FERNANDES, 2003; DEUBER, 1988).

Tabela 3. Análises tecnológicas: teor de sólidos solúveis (Brix), fibra (F), pol da cana (pol), pureza do caldo (PUR), açúcares redutores do caldo (AR), açúcar total recuperável (ATR), obtidos através da aplicação em diferentes períodos de pré-maturador e maturador em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO.

FV	Brix	F	Pol	PUR	AR	ATR
Aplicação (A)	0,230 <sup>ns</sup>	0,217 <sup>ns</sup>	0,274 <sup>ns</sup>	3,433*	0,004**	20,896**
Tempo (T)	68,643**	3,444**	67,532**	386,97**	0,455**	5411,497**
A*T	0,283 <sup>ns</sup>	0,145 <sup>ns</sup>	0,311 <sup>ns</sup>	4,773**	0,005**	23,034**
C.V. (%)	2,62	2,75	4,06	1,53	3,20	1,17
Média Geral	16,96	12,80	11,54	81,29	0,85	118,97
Aplicação						
Testemunha	16,98	12,66	11,56	81,20b	0,86a	118,99b
P40	16,87	12,71	11,51	81,28b	0,85a	118,62b
M40	16,82	12,89	11,42	81,13b	0,86a	117,81c
PM40	16,99	12,90	11,60	81,67a	0,84b	119,41b
P80	16,87	12,97	11,42	81,02b	0,86a	117,86c
P80P40	17,13	12,77	11,78	82,13a	0,82b	121,01a
P80M40	17,07	12,76	11,58	80,93b	0,87a	119,38b
P80PM40	16,93	12,76	11,50	80,95b	0,86a	118,66b
Tempo						
0	15,37	12,35	9,84	75,97	1,03	104,08
15	15,73	13,24	10,47	80,32	0,89	108,92
30	16,88	12,95	11,45	81,40	0,85	118,05
60	17,97	12,75	12,67	84,34	0,75	128,84
80	18,84	12,72	13,30	84,41	0,74	134,96
p>F (Linear)	0,000	0,736	0,000	0,000(1)	0,000(2)	0,000(3)
p>F (Quadrática)	0,376	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000
R <sup>2</sup> (Linear %)	98,56	0,10	98,89	86,07	86,02	98,97
R <sup>2</sup> (Quadrática %)	98,62	42,41	99,63	97,82	97,84	99,41

$$^{(1)}y=0,098625x+77,640484 \quad ^{(2)}y=-0,003382x+0,977992 \quad ^{(3)}y=0,395502x+104,336557$$

\*significativo a 5,0% de probabilidade, \*\* significativo a 1,0% de probabilidade e ns – não significativo pelo teste F. Médias com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5,0% de probabilidade.

Para a pureza do caldo houve diferenças entre as aplicações para os tempos de avaliações 15 e 30 DAC (Tabela 4). Aos 15 DAC apenas a testemunha e o P80PM40 não apresentaram o teor adequado para ser indicada como madura, logo, a partir dos 30 DAC todas aplicações estavam acima dos 80% (valor definido para início de safra), podendo então serem consideradas prontas para colheita (FERNANDES, 2003).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre aplicação x tempo, referente a análise tecnológica pureza do caldo (PUR), obtidos através da aplicação em diferentes períodos de pré-maturador e de maturador em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO.

Dias antecedendo a colheita (DAC)	PUR							
	Testemunha	P40	M40	PM40	P80	P80P40	P80M40	P80PM40
0	77,43a	74,02b	76,74a	77,66a	74,31b	77,20a	74,63b	75,75b
15	79,33b	81,77a	80,01b	80,06b	81,37a	80,94a	80,17b	78,89b
30	82,10a	82,51a	80,69b	81,60a	81,03b	83,25a	79,88b	80,15b
60	84,35a	83,64a	84,24a	83,60a	83,88a	84,62a	84,86a	85,55a
80	82,78a	84,47a	83,98a	85,42a	84,48a	84,65a	85,11a	84,42a
p>F (Linear)	0,000(1)	0,000(2)	0,000(3)	0,000(4)	0,000(5)	0,000(6)	0,000(7)	0,000(8)
p>F (Quadrática)	0,000	0,000	0,007	0,227	0,000	0,000	0,001	0,001
R <sup>2</sup> (Linear %)	74,88	64,63	89,54	97,39	74,09	79,41	87,43	89,10
R <sup>2</sup> (Quadrática %)	96,88	87,69	97,06	98,94	88,57	98,96	93,43	95,36

$$^{(1)}y=0,038522x+10,136665 \quad ^{(2)}y=0,103003x+77,469983 \quad ^{(3)}y=0,089751x+77,812229 \quad ^{(4)}y=0,091118x+78,29901$$

$$^{(5)}y=0,106352x+77,082795 \quad ^{(6)}y=0,085647x+78,962259 \quad ^{(7)}y=0,123138x+76,374685 \quad ^{(8)}y=0,116383x+76,647817$$

Médias com a mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5,0% de probabilidade.

Aos 80 DAC não houve diferença entre as aplicações para a pureza do caldo, mas houve aumento gradativo desde o início das avaliações (Tabela 4). Assim, como verificado também por Caputo et al. (2008), as plantas apresentaram a máxima pureza aos 80 e 90 dias após a aplicação, quando aplicado Sulfometuron metil e a testemunha, respectivamente.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre aplicação x tempo, referente a análise tecnológica açúcares redutores do caldo (AR) obtidos através da aplicação em diferentes períodos de pré-maturador e de maturador em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO.

Dias antecedendo a colheita (DAC)	AR							
	Testemunha	P40	M40	PM40	P80	P80P40	P80M40	P80PM40
0	0,99c	1,10a	1,01c	0,98c	1,09a	0,99c	1,08a	1,04b
15	0,92a	0,84c	0,90b	0,89b	0,85c	0,86c	0,89b	0,94a
30	0,82b	0,81b	0,87a	0,84b	0,85a	0,79b	0,90a	0,89a
60	0,75a	0,77a	0,75a	0,77a	0,76a	0,74b	0,73b	0,70b
80	0,80a	0,74b	0,76b	0,71b	0,74b	0,74b	0,72b	0,74b
p>F (Linear)	0,000(1)	0,000(2)	0,000(3)	0,000(4)	0,000(5)	0,000(6)	0,000(7)	0,000(8)
p>F (Quadrática)	0,000	0,000	0,000	0,065	0,000	0,000	0,000	0,000
R <sup>2</sup> (Linear %)	74,69	64,75	89,51	97,33	73,55	79,29	87,94	88,92
R <sup>2</sup> (Quadrática %)	96,84	87,74	97,29	98,84	89,18	98,92	93,26	95,31

$$^{(1)}y=-0,002543x+0,950407 \quad ^{(2)}y=-0,003534x+0,983489 \quad ^{(3)}y=-0,003065x+0,972085 \quad ^{(4)}y=-0,003126x+0,954786 \quad ^{(5)}y=-$$

$$0,003639x+0,995258 \quad ^{(6)}y=-0,002940x+0,932727 \quad ^{(7)}y=-0,004203x+1,022854 \quad ^{(8)}y=-0,004003x+1,012326$$

Médias com a mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5,0% de probabilidade.

Porém, por ser fator multiplicativo e apresentar correlação inversa ao AR, o mesmo interferiu no AR que sofreu reduções ao longo das avaliações (Tabela 5), atingindo seus menores valores aos 80 DAC, e a testemunha apresentando a maior média, mostrando que as aplicações fizeram com que a cultura convertesse os açúcares produzidos (glicose e frutose) em sacarose e armazenassem nos colmos, melhorando assim a qualidade da matéria-prima (LAVANHOLI, 2008).

Para ATR houve um aumento significativo ao longo das avaliações, apresentando seus maiores acúmulos de sacarose nos colmos ao 80 DAC, período em que as aplicações PM40, P80M40 e P80PM40 proporcionaram um aumento significativo em 4,8%, 5,6% e 4,4%, respectivamente, quando comparados à testemunha (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento da interação entre aplicação x tempo, referente a análise tecnológica açúcar total recuperável (ATR), obtidos através da aplicação em diferentes períodos de pré-maturador e de maturador em cana-de-açúcar, Chapadão do Céu – GO.

Dias antecedendo a colheita (DAC)	ATR							
	Testemunha	P40	M40	PM40	P80	P80P40	P80M40	P80PM40
0	105,40b	101,41d	102,77c	107,59a	100,63d	107,31a	103,77c	103,80c
15	108,80b	111,51a	106,40b	106,99b	107,30b	112,15a	110,89a	107,29b
30	118,74b	120,85a	117,81b	116,39c	117,87b	122,65a	115,72c	114,40c
60	130,77a	125,71c	129,53b	128,50b	128,95b	128,54b	127,95b	130,73a
80	131,23c	133,63b	132,58c	137,58a	134,56b	134,42b	138,58a	137,07a
p>F (Linear)	0,000(1)	0,000(2)	0,000(3)	0,000(4)	0,000(5)	0,000(6)	0,000(7)	0,000(8)
p>F (Quadrática)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,090	0,277
R <sup>2</sup> (Linear %)	94,27	93,70	96,21	96,79	97,94	95,88	99,54	98,79
R <sup>2</sup> (Quadrática %)	96,86	97,21	97,78	97,94	99,46	97,77	99,72	98,86
<sup>(1)</sup> y=0,356566x+105,798673 <sup>(2)</sup> y=0,370543x+104,911912 <sup>(3)</sup> y=0,400033x+103,017035 <sup>(4)</sup> y=0,402443x+104,52093 <sup>(5)</sup> y=0,430671x+101,928393 <sup>(6)</sup> y=0,336545x+108,561368 <sup>(7)</sup> y=0,423454x+103,716421 <sup>(8)</sup> y=0,443758x+102,23772								

Médias com a mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5,0% de probabilidade.

Com a aplicação do pré-maturador pode ter melhorado a taxa fotossintética das plantas, devido alguns nutrientes estarem ligados a este processo, e aumentado a produção de fotoassimilados melhorando a qualidade da matéria-prima (OTTO et al., 2010; VAZQUEZ; SANCHES, 2010; JAMRO et al., 2002). E com aumento desta produção pelo equilíbrio nutricional, a associação com o Sulfometuron metil pode ter potencializado este acúmulos nos colmos, devido, sua ação de inibir a produção de alguns aminoácidos precursores de proteínas essenciais a formação de novas células, induz a planta a reduzir seu potencial vegetativo e acumular sacarose nos colmos, melhorando a qualidade da matéria-prima (MARCHI et al., 2008).

## CONCLUSÃO

O Brix, a fibra e Pol sofreram interferência apenas do tempo analisado. Com o passar do tempo tende a aumentar o Brix e o Pol e reduzir o teor de fibra.

Para o AR houve redução durante o tempo analisado e aos 80 DAC as aplicações apresentaram média menores quando comparado com a testemunha, indicando aumento de sacarose nos colmos, mesmo a pureza do caldo não tendo significância aos 80 DAC entre as aplicações. Porém, pode-se observar que as aplicações PM40, P80M40 e P80PM40 destacaram-se em qualidade pelos maiores teores de ATR, em 4,8%, 5,6% e 4,4% maior que a testemunha.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. V. et al. Efeitos de maturadores nas características tecnológicas da cana-de-açúcar com e sem estresse hídrico. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 26, n. 4, p.441-447, out. 2005.
- ANDRADE, L.A. B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. cap.1.
- BARBOSA, M. H. P. et al. Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.28, p.20-24, 2007.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology fo plants**. 2nd ed. West Sussex, John Wiley & Sons, 2015. 1280 p.
- CAPUTO, M. M. et al. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 15-23, 2008.
- CASTRO, P. R. C. **Fisiologia aplicada à cana-de-açúcar**. Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2016. 208 p.
- CONSECANA. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 2006. 111 p.
- DEUBER, R. Maturação da cana-de-açúcar na região Sudeste do Brasil. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 1988. p. 33-40.
- DUGGER, W. M. Functional aspects of Boron in Plants. **Advances in Chemistry**, New York, v. 1, n. 1, p. 112-129, jun. 1973.

FAGAN, E. B. et al. **Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. São Paulo: Andrei, 2016. 305 p.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria de cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240p.

GALRÃO, E. Z. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2º Ed. – Brasília: Embrapa, 2004, 185-223 p.

JAMRO, G. H. et al. Effect of foliar application of micro nutrients on the growth traits of sugarcane variety Cp-65/357. **Asian Journal of Plant Sciences**, Dubai, v. 1, n. 4, p. 462-463, abr. 2002.

LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima para produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação: IAC, p. 697-722, 2008.

LEITE, G. H. P. et al. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar em função da aplicação de reguladores vegetais no início de safra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 726-732, 2009.

MARCHI, G. et al. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. **Documentos/Embrapa Cerrado**: 227, Planaltina, v. 1, n. 227, p.1- 36, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 2012. 651 p.

MESCHEDE, D.K. et al. Efeitos do glyphosate e sulfometuron-methyl no crescimento e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Plantas daninhas**, Viçosa-MG, v. 28, p. 1135-1141, 2010.

MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. **Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology**. Ames: Wiley & Sons, 2014. 765 p.

OTTO, R. et al. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 34, p. 1137- 1145, 2010.

PEEL, M. C. McMahon. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, European Geosciences Union, 2007, pp.439-473.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F.de. Physiological model to estimate the maturity of sugarcane. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v.66, n. 5, p. 622-628, 2009.

VASQUEZ, G. H.; SANCHES, A. C. Formas de aplicação de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 7, n. 1, 2010.

VILELA, L. et al. **Cerrado correção do solo e adubação**. 2º Ed. – Brasília: Embrapa, 2004, 367-382 p.