

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO EM COBERTURA PARA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MEIOSI**

Thayane Leonel Alves
Engenheira Agrônoma

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO EM COBERTURA PARA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MEIOSI**

Thayane Leonel Alves

Orientadora: Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz

Coorientador: Prof. Dr. Evandro Freire Lemos

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Ciência do Solo).

2023

A474n

Alves, Thayane Leonel

Nitrogênio e molibdênio em cobertura para produção de mudas de cana-de-açúcar em Meiosi / Thayane Leonel Alves.

-- Jaboticabal, 2024

31 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Mara Cristina Pessoa da Cruz

Coorientador: Evandro Freire Lemos

1. Adubação nitrogenada. 2. Saccharum spp. 3. Adubação
molíbdica. 4. Propagação vegetativa. 5. RB96-6928. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO EM COBERTURA PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MEIOS

AUTORA: THAYANE LEONEL ALVES

ORIENTADORA: MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ

COORIENTADOR: EVANDRO FREIRE LEMOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Ciência do Solo), pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ
Data: 04/12/2023 10:11:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
MANOEL EVARISTO FERREIRA
Data: 14/12/2023 11:10:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. BRUNO SILVA PIRES (Participação Virtual)
Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) / Passos/MG

Documento assinado digitalmente
BRUNO SILVA PIRES
Data: 08/12/2023 09:47:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. MANOEL EVARISTO FERREIRA (Participação Virtual)
Docente Aposentado / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
LUCAS BOSCOV BRAOS
Data: 04/12/2023 09:59:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LUCAS BOSCOV BRAOS (Participação Virtual)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS) / Machado/MG

Prof. Dr. FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE (Participação Virtual)
Departamento de Ciências e Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
FABIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE
Data: 07/12/2023 11:24:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal, 30 de novembro de 2023

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Thayane Leonel Alves - Brasileira, nascida em 23 de agosto de 1990, natural de Capitólio, Minas Gerais, filha de Janete Teixeira Alves e Alberico Goulart Alves. Em fevereiro de 2013, ingressou no curso de graduação de Engenharia Agrônômica na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Unidade Passos, com conclusão em fevereiro de 2018. Em março de 2018 ingressou no mestrado em Agronomia (Ciência do Solo), na UNESP/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, tornando-se membro do grupo de pesquisa em irrigação e meio ambiente (GpIMA) e atuando na produção de cultivares de cana-de-açúcar sob déficit de irrigação subsuperficial, na quarta soca. Durante o mestrado foi bolsista CAPES por 14 meses, com conclusão em fevereiro de 2020. Em março de 2020 ingressou no doutorado em Agronomia (Ciência do Solo), na UNESP/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, tornando-se membro do grupo de pesquisa do Laboratório de Fertilidade do Solo (FertLab). Durante o doutorado trabalhou com doses de nitrogênio e molibdênio em cobertura, na produção de mudas de cana-de-açúcar, através do método intercalar rotacional ocorrendo simultaneamente (Meiosi), com bolsa CAPES, e foi prestadora de serviços da empresa AGROMAP Máquinas Agrícolas Passos LTDA, atuando na elaboração e execução de projetos de irrigação, no período de 19-07-2021 a 17-12-2021.

“Você nunca sabe a força que tem, até que a sua única alternativa é ser forte”.

Johnny Depp

Dedico

À minha pessoa (Thayane Leonel Alves), por tudo que passei e aguentei firme
durante esse doutorado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, em especial:

A Deus, por me conceder a vida, me dando energia, força e fé para concluir todo esse trabalho.

Aos meus pais, Alberico e Janete, pela educação e exemplos transmitidos, e por todo o apoio moral neste momento importante. Aos meus irmãos e minha família por parte da minha mãe, que sempre me ajudaram em tudo, principalmente na execução do experimento na Fazenda da minha avó Cecília.

Ao Geovanne Soares Silva, que chegou no final do doutorado, porém é uma pessoa muito especial e importante na minha vida, meu esposo. Ele está dando todo apoio que preciso para terminar meus estudos. Obrigada pelo amor e companheirismo durante essa caminhada. E ao nosso Theo que está vindo, que venha com muita saúde e nos traga muita alegria.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/FCAV, pela oportunidade de realizar o doutorado.

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

Ao Evandro Freire Lemos, meu professor da graduação, amigo, conselheiro e que, mesmo depois de formada, ainda me ajuda muito. Se não fosse ele não teria forças para ter feito o mestrado e agora estar concluindo o doutorado.

À minha professora orientadora, Mara Cristina Pessôa da Cruz e ao meu coorientador Evandro Freire Lemos, pelas orientações durante o doutorado e toda a disposição em ampliar meus conhecimentos.

Aos professores das disciplinas do doutorado, José Marques, Mara, Adriana, Rafael, Tereza, Pacheco, Marcílio, Durvalina, Leila e Carlos Azania, pelo interesse e esforço em prol da pesquisa e do crescimento acadêmico da instituição.

A todos do grupo de estudo FertLab, pela amizade e companheirismo.

À Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG – Unidade Passos), e a minha avó Cecília, pela disponibilização de área para implantação dos experimentos.

Aos alunos e funcionários da fazenda experimental da UEMG e ao Dúlio, José Augusto e à Ana, que me ajudaram na condução desses experimentos.

Sem todos o mundo não teria cor. Sintam-se abraçados....

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Cultura da cana-de-açúcar	2
2.2 Adubação para a cana-de-açúcar e Meiosi	4
2.3 A importância do nitrogênio para a cana-de-açúcar	6
2.4 A importância do molibdênio para a cana-de-açúcar	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais	11
3.2 Etapa 1 dos experimentos – Produção de mudas de cana-de-açúcar nas linhas de Meiosi	11
3.2.1 Caracterização química do solo	11
3.2.2 Precipitação e temperatura	12
3.2.3 Delineamento experimental, instalação e condução dos experimentos	13
3.2.4 Variáveis avaliadas	16
3.3 Etapa 2 dos experimentos - Desdobra das linhas de Meiosi e avaliação das brotações	17
3.3.1 Caracterização química do solo	17
3.3.2 Precipitação e temperatura	18
3.3.3 Delineamento experimental, instalação e condução dos experimentos	19
3.3.4 Variáveis avaliadas	20
3.4 Análise estatística	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Resultados obtidos em Guapé	20

4.2 Resultados obtidos em Passos	22
4.3 Discussão.....	24
5 CONCLUSÃO	27
6 REFERÊNCIAS	27

NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO EM COBERTURA PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MEIOSI

RESUMO - A adubação nitrogenada é necessária para garantir maior produção e maior vigor de mudas de cana-de-açúcar produzidas em Meiosi, e uma das formas de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada é a complementação da adubação com molibdênio, pois o molibdênio é ativador da enzima redutase de nitrato. Desse modo foi testada a hipótese de que, na produção de mudas em Meiosi, a resposta da cana-de-açúcar a doses de N acima de 60 kg ha⁻¹ só ocorre com a aplicação de Mo. O objetivo com o trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio e molibdênio em cobertura, na produção de mudas de cana-de-açúcar, cultivar RB96-6928, cultivadas em linhas de Meiosi. Os experimentos foram conduzidos em dois locais, nos municípios de Passos e Guapé, Minas Gerais, Brasil, usando esquema fatorial e delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram combinadas cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N) com duas doses de molibdênio (0 e 600 g ha⁻¹ de Mo) em cobertura. Aos 100 dias após o plantio e na desdobra das mudas foram feitas avaliações de altura dos colmos, diâmetro dos colmos, número de gemas e número de perfilhos/colmos por metro de linha, e somente na desdobra (240 dias após o plantio) foram avaliados produtividade e desdobramento. No desdobramento dos colmos plantados a partir das linhas-mãe, e após a germinação, foi feita a contagem das brotações aos 100 e 120 dias após a desdobra. Os dados obtidos foram avaliados com emprego do teste F e, em caso de significância, foi usado teste Tukey a 5% de probabilidade e regressão polinomial. Não houve resposta das mudas de cana-de-açúcar a aplicação de nitrogênio em doses de até 120 kg ha⁻¹, combinadas ou não com 600 g ha⁻¹ de molibdênio, nos dois experimentos, indicando que a adubação em cobertura pode ser dispensada ou podem ser recomendadas doses de nitrogênio que não ultrapassem 30 kg ha⁻¹ de N, sem complementação de molibdênio, apenas para manutenção da fertilidade do solo.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, adubação molíbdica, propagação vegetativa, RB96-6928, *Saccharum* spp.

NITROGEN AND MOLYBDENUM TOPDRESSING FOR THE PRODUCTION OF SUGARCANE SEEDLINGS IN MEIOSI

ABSTRACT - Nitrogen fertilization is one of the ways to guarantee greater production and vigor in sugarcane seedlings produced in Meiosi, and one of the ways to increase the efficiency of nitrogen fertilization is to supplement it with molybdenum. The effects of nitrogen and molybdenum topdressing doses on the production of the cultivated variety RB96-6928 sugarcane seedlings grown in Meiosi lines were therefore evaluated. The experiments were conducted in two locations, in the municipalities of Passos and Guapé, Minas Gerais, Brazil, using a factorial scheme and a randomized block design, with four replications. Five doses of nitrogen (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ of N) were combined with two doses of molybdenum (0 and 600 g ha⁻¹) in topdressing. At 100 days after planting and when unfolding the seedlings, stem height assessments were made, such as stem diameter, number of buds and number of tillers/culms per meter of row, and only in the unfolding process, were evaluated the productivity and unfolding rate. After seedling germination, shoots were counted at 100 and 120 days after splitting. The data obtained were evaluated using the F test and, in case of significance, Tukey's test was used at 5% probability. There was no response from sugarcane seedlings to nitrogen application in doses of up to 120 kg ha⁻¹, combined or not with 600 g ha⁻¹ of molybdenum, in both experiments, indicating that topdressing can be dispensed with, or moderate doses can be recommended, just to maintain soil fertility. Within conditions similar to those studied, the use of nitrogen doses in topdressing that do not exceed 30 kg ha⁻¹, without supplementation with molybdenum, may be recommended.

Keywords: Nitrogen fertilization, molybdenum fertilization, vegetative propagation, RB96-6928, *Saccharum* spp.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o setor canavieiro passou a utilizar mudas pré-brotadas (MPB) na implantação dos canaviais, com os propósitos de reduzir a área destinada à produção de mudas, obter mudas com maior vigor e sanidade, e alcançar maior uniformidade no plantio.

Embora em algumas situações as MPBs sejam utilizadas em área total, elas são mais comumente empregadas no método intercalar rotacional ocorrendo simultaneamente (Meiosi). Esse método consiste na produção de mudas de cana em linhas distanciadas (linha-mãe), em consórcio com uma leguminosa, cultura de interesse econômico (soja, amendoim, feijão ou alguma espécie de cobertura, como crotalária e feijão-de-porco).

As MPBs crescem e perfilham nas linhas-mães e os colmos são desdobrados na própria área onde a leguminosa foi cultivada, visando atender totalmente a demanda de mudas no talhão. Para isso, a área de produção destinada a Meiosi precisa ser cuidadosamente manejada, garantindo disponibilidade de água e de nutrientes, e controle eficiente de pragas, patógenos e plantas daninhas.

Entre os fatores determinantes da produção e da qualidade de mudas de cana-de-açúcar cultivadas em Meiosi está a adubação nitrogenada. A adubação nitrogenada deve levar em conta as necessidades das plantas e, em especial, as quantidades de N removidas do campo com as colheitas. O nitrogênio é o segundo nutriente mais absorvido pela cana-de-açúcar. Cantarella (2007) demonstrou que a cana pode absorver de 112 a cerca de 280 kg ha⁻¹ de N, e que o nitrogênio removido pela colheita pode variar de 72 a 180 kg ha⁻¹ de N. De modo geral, apesar da alta demanda de N pela cana, há baixa expectativa de resposta a adubação nitrogenada na cana-planta, que é semelhante ao que se tem nas linhas de Meiosi.

A não resposta, quando ocorre, é explicada pelo N mineralizado dos restos da própria cultura e pelo N mineralizado do solo, que é muito favorecido pelo preparo do solo que precede ao plantio. Durante as operações de preparo do solo, a matéria orgânica fisicamente protegida no interior dos agregados é exposta, o que acelera a mineralização de N do solo. Outro fator importante a levar em consideração é o

processo de fixação biológica de N_2 (FBN), proveniente da atividade de microrganismos que vivem em associação com a planta. A FBN é um processo que transforma o N_2 presente na atmosfera, que não pode ser utilizado pela maioria das plantas, na forma inorgânica disponível NH_3 , e a partir daí, em formas reativas orgânicas e inorgânicas vitais em sistemas biológicos. O controle sobre esse processo na cana-de-açúcar é muito difícil, pois existem diversos microrganismos no solo que podem fixar N_2 em associação e, assim, essa fonte não é considerada nas recomendações de adubação.

Do ponto de vista nutricional, a eficiência da adubação nitrogenada está diretamente vinculada à disponibilidade de molibdênio no solo, uma vez que o micronutriente é constituinte da enzima redutase de nitrato. Desse modo, a adubação com Mo entraria no sistema de produção de cana-de-açúcar como uma estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada pois teores baixos de Mo no solo prejudicariam a produção de N orgânico (NH_2) pela planta, o que afeta direta e imediatamente a produção de proteínas, diminuindo a produtividade da cultura (Oliveira, 2014). Embora o Mo seja de grande importância para o cultivo da cana-de-açúcar, o seu uso na adubação de culturas comerciais normalmente não é feito.

Dadas as interações entre N e Mo, no presente trabalho foi testada a hipótese de que, na produção de mudas em Meiosi, a resposta da cana-de-açúcar a doses de N acima de 60 kg ha^{-1} só ocorre com a aplicação de Mo.

Com esse propósito foram avaliados os efeitos de doses de nitrogênio e molibdênio em cobertura, na produção de mudas de cana-de-açúcar, cultivar RB96-6928, cultivadas em linhas de Meiosi.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma gramínea cultivada em áreas tropicais ou subtropicais (Cronquist, 1981). No Brasil, a produção de cana-de-açúcar se concentra nas regiões Centro-Sul e Nordeste. O Estado de São Paulo

concentra o maior número de usinas e a maior área de plantio dessa cultura (CONAB, 2022a).

Na safra brasileira 2021/22, a produção de cana-de-açúcar totalizou 585,2 milhões de toneladas, e foi 10,6% menor que a safra anterior. Isso foi consequência da diminuição de 3,5% nas áreas cultivadas, e à ocorrência de estiagem durante o ciclo, que foi somada à baixas temperaturas nos meses de junho e julho de 2021 (CONAB, 2022b).

A cana-de-açúcar cultivada (*Saccharum* spp.) é geralmente um híbrido de até cinco espécies de plantas do gênero *Saccharum* (Quaggio et al., 2022), obtidos através de cruzamentos naturais e retrocruzamentos. As plantas obtidas em programas de melhoramento genético são denominadas cultivares ou variedades cultivadas.

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae e ao gênero *Saccharum*. Botanicamente é constituída de uma lâmina foliar cuja base apresenta pequenos espinhos (joçal) e uma lígula provida de um colarinho ("drew lap"), a bainha foliar envolve o colmo através de uma aurícula e os nós delimitam cada colmo (Scarpari e Beauclair, 2010). Ela apresenta colmos de formato cilíndrico, eretos, fibrosos e ricos em açúcar, sendo constituídos de nós e entrenós, sendo que em cada nó existe uma gema.

As folhas são alternadas, opostas e fixas aos nós dos colmos. O sistema radicular é composto por raízes superficiais altamente ramificadas, raízes de suporte em direção descendente, e raízes verticais, penetrando profundamente o solo. A inflorescência é uma panícula bastante ramificada, contendo um eixo principal e ramificações primárias e secundárias. O florescimento é indesejável para o cultivo comercial, entretanto, é importante para o melhoramento genético da cultura (Carvalho, 2015).

Em plantações comerciais, a propagação da cana-de-açúcar é assexuada, feita mediante o uso de toletes com 3-4 gemas. O desenvolvimento do sistema radicular inicia-se logo depois do plantio. A brotação das gemas começa entre 3 e 5 semanas após o plantio. As gemas são meristemas embrionários laterais e se mantêm inativas durante a dominância apical, devido à produção de auxinas. A dominância apical é importante para inibir as brotações laterais, e quando se planta o colmo inteiro só

germinam as gemas da ponta e as da base. Por isso é necessário picar os toletes com 3-4 gemas, para quebrar a dominância apical e para que todas as gemas germinem (Aude, 1993).

A cana-de-açúcar apresenta metabolismo C₄, é formadora de malato, e o primeiro composto formado na fixação do CO₂ durante a fotossíntese é o ácido oxalacético. O CO₂ fixado nas células do mesófilo como oxaloacetato é reduzido a malato, que é então transportado para as células da bainha do feixe vascular, nas quais é descarboxilado pela enzima malato-desidrogenase. A sacarose é o principal produto da cana-de-açúcar e é translocado das folhas pelo floema até o colmo, e pelo colmo através do xilema e floema. A cana-de-açúcar é uma das plantas mais eficientes na conversão de luz em energia química (Castro, 2016).

De maneira geral, os nutrientes participam direta ou indiretamente destes processos fisiológicos. Concentrações elevadas de nitrogênio nos tecidos induzem maior atividade bioquímica das células meristemáticas, promovem maior crescimento vegetativo, e acarretam maior dispêndio de energia proveniente de açúcares fotossintetizados. Além disso, os processos de redução do nitrato e assimilação de amônia são consumidores de ATP, NADPH e açúcares, competindo, portanto, com a assimilação do CO₂ (Castro, 2016).

A adubação para a cana-de-açúcar é feita para suprir a necessidade nutricional da cultura, e depende do resultado da análise química do solo. Com a análise química tem-se o teor dos nutrientes disponíveis no solo, possibilitando definir a quantidade que precisa ser aplicada, de acordo com as tabelas de recomendação. A quantidade de fertilizantes a ser aplicada ao solo deve, portanto, complementar a habilidade do próprio solo no fornecimento dos nutrientes, pois as deficiências podem ocasionar perda de produção.

2.2 Adubação para a cana-de-açúcar e Meiosi

Para obter melhor desenvolvimento de qualquer cultura é necessário manter a fertilidade do solo em níveis adequados durante o ciclo. A quantidade de nutrientes a ser aplicada vai depender do potencial de fornecimento do solo e da exigência da cana-de-açúcar, ou seja, das quantidades requeridas pela planta para atingir

determinado nível de produtividade. A necessidade nutricional da cultura é definida através da avaliação do estoque de nutrientes disponíveis no solo e pela eficiência da absorção, empregando, respectivamente, análise de solo e diagnose foliar e visual (Luz et al., 2017).

A análise de solo é a principal ferramenta para saber quanto o solo apresenta de determinado nutriente na forma disponível. A adubação deve fornecer a diferença entre o que a planta precisa e o que o solo fornece. Porém, a eficiência do uso do fertilizante não é 100%, ou seja, alguns dos nutrientes podem ser perdidos no perfil do solo, as raízes podem não encontrar os nutrientes, pode faltar água para transportá-los no solo, e as plantas podem ter o sistema radicular pouco desenvolvido ou confinado numa camada de solo. Enfim, é necessário estimar um índice de eficiência e compensá-lo (Rosseto et al., 2010).

No Estado de São Paulo, principal produtor de cana-de-açúcar do País, as recomendações de adubação para a cultura, cana-planta e cana-soca, foram recentemente atualizadas (Quaggio et al., 2022). As novas tabelas de adubação foram construídas considerando produtividades maiores para a cultura, acompanhando a evolução das cultivares. O uso dos resíduos do processamento da cana nas áreas de produção, de adubação verde em áreas de reforma e a adubação com micronutrientes foram introduzidos, visando eficiência e sustentabilidade. Na nova recomendação, com base na baixa expectativa de resposta da cana-planta devem ser usados 30 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio e de 60 a 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Em contraposição, na cana-soca as doses de N recomendadas chegam a 160 kg ha⁻¹ (Quaggio et al., 2022).

Apesar dos avanços das recomendações de adubação para cana-de-açúcar, não há recomendação específica para produção de mudas de cana, sendo usada normalmente a recomendação para cana-planta. Contudo, quando as mudas são produzidas em Meiosi, as linhas crescem isoladas e recebem mais luz, e a resposta a adubação pode mudar.

A Meiosi é um sistema muito eficiente de produção de mudas de cana. Com ele há diminuição na movimentação de máquinas na área, redução de danos mecânicos nas mudas e no número de trabalhadores necessários para o plantio. Desse modo, há diminuição nos custos (Landell, 1998).

A vantagem quantitativa e econômica na adoção da Meiosi está relacionada principalmente ao vigor das mudas, o que justifica menor consumo de gemas, melhor sanidade e maior rendimento na desdobra. O plantio a partir de mudas via Meiosi elimina a necessidade do carregamento e do transporte. Isto significa redução nos custos de produção (Xavier et al., 2010). O consórcio da cana-de-açúcar com as leguminosas promove, ainda, o aumento do nitrogênio no solo, além da diversificação da atividade produtiva, aumentando a eficiência do setor sucroalcooleiro (Ferraz-Almeida et al., 2020).

Com todas as vantagens da Meiosi como sistema de produção de mudas, há necessidade de estudos de adubação específicos, visando produtividade e vigor de mudas. O nutriente-chave para obter as duas coisas é o nitrogênio, que está entre os nutrientes mais absorvidos pela cultura e mais diretamente relacionados ao desenvolvimento das plantas.

2.3 A importância do nitrogênio para a cana-de-açúcar

O nutriente mais trabalhoso de manejar na cultura da cana-de-açúcar é o nitrogênio, devido às suas interações com a matéria orgânica do solo (MOS) e às perdas do sistema solo-planta. Isso dificulta a determinação dos teores desse nutriente na análise de solo, aumentando o grau de incerteza na definição das doses de N para cana-de-açúcar. Mais de 95% do N total presente no solo está na forma orgânica. Os 5% restantes estão nas frações inorgânicas, compostas principalmente por amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), e pequenas concentrações de nitrito (NO_2^-) em algumas situações. A maior parte do N presente no solo é proveniente do ar, através da deposição atmosférica e da fixação biológica de N_2 . O N que chega ao solo por deposição atmosférica é derivado da quebra da tripla ligação do N_2 , a partir de descargas elétricas ou fotoquimicamente, ou provém de formas evoluídas do próprio solo ou dos oceanos, formadas nos processos de ciclagem do N. A fixação biológica pode ser tanto de sistemas não-simbióticos quanto simbióticos, sendo os últimos associados às bactérias formadoras de nódulos nas raízes de leguminosas (Cantarella, 2007).

O maior estoque de N no solo é composto por um conjunto de formas orgânicas, constituintes da matéria orgânica do solo. Estas formas orgânicas as plantas não conseguem absorver; por isso é necessário que ocorra a mineralização da MOS, liberando formas inorgânicas de N. A mineralização da MOS depende de fatores como tipo de solo, condições edafoclimáticas e manejo adotado na área. No caso da cana-de-açúcar, a colheita mecanizada, sem queima, favorece a reciclagem do N, pois mantém grandes quantidades de material vegetal fresco sobre o solo (Cantarella e Mattos Jr., 2022).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais absorvidos e acumulados pelas plantas. Admite-se que sejam absorvidos, em média, 1,5 kg de N por tonelada de colmos de cana. Em áreas com produção de 120 t ha⁻¹ a quantidade absorvida pode, portanto, ultrapassar 180 kg ha⁻¹ de N (Oliveira et al., 2018). Em Meiosi, em que a colheita e o plantio dos colmos são feitos sete a oito meses após o plantio das MPBs, a produção pode atingir cerca de 60 t ha⁻¹ de colmos, o que demandaria 90 kg ha⁻¹ de N.

O N tem papel importante no crescimento vegetativo e reprodutivo, pois faz parte do metabolismo de compostos não proteicos, como as coenzimas e os pigmentos fotossintéticos (clorofila), além de exercer papel estrutural nas plantas. Na cultura da cana-de-açúcar, o nitrogênio tem a função de promover o alongamento dos entrenós, favorecendo o desenvolvimento e aumentando a produtividade. Além disso, ele facilita a absorção de cálcio, reduz o teor de sacarose aparente na cana, quando em doses elevadas, e reduz a percentagem de fibra (Penatti, 2013).

As plantas absorvem N principalmente nas formas inorgânicas, tais como NH₄⁺ e NO₃⁻ (Oliveira, 2012). A absorção desses íons se dá principalmente através do fluxo de massa (99%) e apenas 1% pela interceptação do sistema radicular (Vitti et al., 2010). Nas fases iniciais de desenvolvimento da cana planta ou soqueira, há preferência pela absorção de NH₄⁺, por não haver gasto de energia para absorção e incorporação na sua estrutura, e o glutamato é o primeiro aminoácido produzido (Penatti, 2013).

Para que ocorra a absorção de NH₄⁺ ou NO₃⁻ pelas plantas, é necessária a extrusão de H⁺ ou OH⁻, respectivamente, para a solução do solo. Isso afeta o pH rizosférico e, conseqüentemente, as condições de crescimento e atividade das raízes, o que acaba por interferir na absorção de outros elementos. O excesso de NH₄⁺

absorvido concorre com a absorção de cálcio e aumenta a disponibilidade de manganês na solução do solo (Cantarella e Mattos Jr., 2022).

Caso ocorra a deficiência de nitrogênio, ela pode ser identificada visualmente pelo amarelecimento das folhas mais velhas, menor perfilhamento, menor área foliar e longevidade das folhas, pois diminui a atividade meristemática da parte aérea (Vitti et al., 2010). Com a baixa disponibilidade do nutriente, ocorre a quebra do N-proteico em aminoácidos, e conseqüentemente transporte do N para folhas novas. Assim, sintomas severos são caracterizados por senescência e queda acentuada de folhas.

O excesso de N, por outro lado, pode causar vigor excessivo nos tecidos, prejuízo ao crescimento reprodutivo das plantas, desordens nutricionais, como deficiência de cobre. O excesso pode também deixar as plantas mais predispostas ao ataque de afídeos e infecções por patógenos, em razão da menor estruturação anatômica dos tecidos (Cantarella e Mattos Jr., 2022).

Mesmo em áreas em que foi feita aplicação de fertilizantes, a maior parte do N absorvido é derivado da mineralização da MOS. Contudo, o fornecimento via mineralização da MOS é difícil de determinar através da análise química de solo, pois o processo de mineralização depende de vários fatores, como espécies de microrganismos presentes e existência de condições de umidade e temperatura favoráveis para eles atuarem (Bolonhezi et al., 2014).

O manejo da adubação nitrogenada é complexo devido a mobilidade e dinâmica do N no solo. As formas solúveis de N estão sujeitas a várias reações que podem torná-lo indisponível para as plantas. Ele pode ser imobilizado pelos microrganismos, pode volatilizar, lixiviar e desnitrificar, e isso vai depender das condições do ambiente (Cantarella, 2007). Essas perdas levam à prejuízos nos sistemas agrícolas, com reflexos na eficiência de uso dos fertilizantes. Avalia-se que 50% ou menos dos fertilizantes nitrogenados aplicados a campo são aproveitados pelas culturas (Pereira et al., 2019). Em experimentos feitos no Estado de São Paulo, foi constatado que apenas 11,1% do N absorvido pela cana foi proveniente do fertilizante (Franco et al., 2008). Desse modo, é necessário um bom manejo da adubação com N, para ter melhor aproveitamento pelas plantas, e menos consequências negativas no meio ambiente.

Do ponto de vista nutricional, a eficiência da adubação nitrogenada está diretamente vinculada à disponibilidade de molibdênio no solo, uma vez que o micronutriente é constituinte da enzima redutase de nitrato. Desse modo, a adubação com Mo entraria no sistema de produção de cana-de-açúcar como uma estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada.

2.4 A importância do molibdênio para a cana-de-açúcar

O molibdênio no solo está na forma de ânion molibdato (MoO_4^{2-}), que é gerado através dos processos de intemperização que solubilizam as formas minerais e o tornam disponível para as plantas. Quando o ânion MoO_4^{2-} está dissolvido no solo ele pode ser adsorvido pelos minerais de argila, óxidos de ferro, alumínio e manganês, assim como pode formar compostos orgânicos. A solubilidade do MoO_4^{2-} é influenciada pelo pH do solo, de modo que à medida que o pH aumenta a sua disponibilidade também aumenta em aproximadamente 100 vezes para cada unidade de aumento de pH. A aplicação de calcário, de acordo com a necessidade, pode, portanto, melhorar a disponibilidade de Mo nos solos. A adição de fosfato também pode resultar em liberação de Mo adsorvido aos colóides do solo, levando a maior absorção e acúmulo deste micronutriente nas plantas (IPNI, 2022).

O Mo presente nos minerais tem a tendência de ocorrer na sua forma mais oxidada, sendo seu estado de oxidação estável em soluções aquosas, e sua solubilização é acompanhada pela oxidação do molibdato. Quando em meio fracamente ácido pode formar complexos com poliânions como, por exemplo, o fosfomolibdato e, desta forma, é possível que muitas vezes as plantas assim o absorvam, o que justificaria a maior absorção de Mo quando existe mais P disponível na solução do solo. Uma vez presente na solução do solo o MoO_4^- torna-se sujeito às reações de adsorção, que dependem de reações químicas específicas (Vieira, 2015).

A maioria dos solos agricultáveis apresentam teor total de molibdênio em torno de $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Desse total, apenas $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo estaria disponível para as plantas. Porém, quando os solos estão ácidos, com pH menor do que 5,0, a disponibilidade é ainda menor. O teor total de Mo em solos do Brasil pode variar entre $0,5$ e 5 mg kg^{-1} e o disponível entre $0,1$ e $0,25 \text{ mg kg}^{-1}$, mas apesar de presente em

pequenas quantidades no solo, o seu papel na nutrição da cana-de-açúcar é muito importante (Mellis et al., 2015).

Na planta, o molibdênio é ativador da enzima nitrato redutase, que inicia a assimilação do nitrato, e aumenta a eficiência do complexo enzimático da nitrogenase, que atua na fixação biológica de nitrogênio nas plantas. A fixação de N_2 na cana-de-açúcar é limitada, pois a sua contribuição não ultrapassa 30% do N acumulado pelas plantas, independentemente de inoculação e adubação com N, mesmo na presença de Mo. Devido à alta mobilidade do molibdênio nas plantas, na falta desse nutriente a deficiência aparece nas folhas mais velhas, inicialmente no terço apical, como pequenas estrias cloróticas longitudinais. Se a deficiência persistir, ela provoca o secamento prematuro do meio das folhas para ponta, e os colmos ficam mais curtos e finos (Orlando Filho et al., 2001; Mellis e Quaggio, 2015; de Lima et al., 2022).

Embora o Mo seja de grande importância para o cultivo da cana-de-açúcar, a adubação com Mo em cultivos comerciais ainda não é prática corriqueira. A expectativa é que o uso aumente, sobretudo após a recomendação de adubação com Mo para os canaviais do Estado de São Paulo, empregando dose fixa de $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ (Quaggio et al., 2022).

A adubação com molibdênio aumenta o acúmulo de nitrogênio através do aproveitamento do nitrato do solo por meio da atividade da redutase do nitrato. A intensidade dessa resposta pode variar de variedade para variedade, com o ciclo da cultura, com a dose de Mo, ou devido ao conteúdo interno de amônio e aminoácidos (Lima, 2020). Embora o Mo seja de grande importância para o cultivo da cana-de-açúcar, a sua aplicação não tem sido muito empregada em cultivos comerciais. Diante disso, fica evidente a necessidade de estudos que visem investigar a real necessidade da aplicação de molibdênio ao solo, juntamente com o nitrogênio, na cultura da cana-de-açúcar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

O estudo foi conduzido em dois locais, em condições de campo, um na Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Unidade Passos, na região sudoeste de Minas Gerais, Brasil (20° 44' 36,90" S, 46° 38' 05,22" O, e altitude de 770 m), e outro na Fazenda Biboca, no município de Guapé, região oeste de Minas Gerais, Brasil (20° 38' 01,01" S, 45° 56' 53,16" O, e altitude de 810 m).

O clima de Passos e Guapé, segundo a classificação de Köppen (1948), é Cwa, ou seja, temperado úmido com inverno seco e verão quente, com temperatura média do mês mais quente maior do que 22 °C.

3.2 Etapa 1 dos experimentos – Produção de mudas de cana-de-açúcar nas linhas de Meiosi

3.2.1 Caracterização química do solo

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise química dos solos das áreas experimentais nas camadas 0 – 20 e 20 – 40 cm. As amostras de solo foram coletadas antes da implantação dos experimentos, em junho de 2021. Após a escolha de cada área experimental, foram coletadas 20 amostras simples distribuídas ao acaso na área toda, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, para formar amostras compostas. Foi utilizada uma sonda como instrumento de coleta de solo.

As amostras de solo foram levadas ao laboratório para análise química do teor dos nutrientes. O pH foi determinado em solução de CaCl₂ e a acidez total em solução SMP pH 7,5. Os nutrientes fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram extraídos do solo por resina trocadora de íons; e o alumínio trocável foi extraído com solução de cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ (Raij et al., 2001).

Tabela 1 Teores dos nutrientes presentes nos solos dos dois locais antes da implantação dos experimentos.

Localização profundidade (cm)	pH	MO	P resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³				%
Guapé (0-20)	5,0	39	9	3,0	57	28	45	1	88	133	66
Guapé (20-40)	4,5	20	2	2,2	24	14	64	13	41	105	39
Passos (0-20)	4,5	23	26	2,4	17	5	46	3	24	70	34
Passos (20-40)	4,5	14	3	1,0	13	3	39	3	17	56	30

pH em CaCl₂: pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio; P resina: fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons; MO: matéria orgânica; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: respectivamente potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis; H+Al = acidez potencial; SB: soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺); CTC: capacidade de troca de cátions (SB + (H+Al)); V: índice de saturação por bases (V = 100SB/CTC).

De acordo com os resultados da Tabela 1, havia, nos dois locais, acidez alta, teores de MO adequados, teores de P baixos em Guapé e altos em Passos, teores de K⁺ médios nos dois locais, e Ca²⁺ e Mg²⁺ estavam altos em Guapé e médios em Passos. O teor de Al³⁺ na camada de 20-40 cm estava alto em Guapé, sendo necessária a aplicação de gesso. O V% em Guapé estava médio e em Passos estava baixo, sendo necessária a aplicação de calcário. A interpretação dos teores foi feita com base nos critérios de Raij et al. (1996) e Ribeiro et al. (1999).

Nas amostras de solo coletadas também foi feita análise granulométrica, de acordo com o método descrito em Camargo et al. (2009). O solo da área experimental de Passos é franco-argilo-arenoso (590 g kg⁻¹ de areia, 320 g kg⁻¹ de argila, 90 g kg⁻¹ de silte) na camada de 0 a 20 cm e o solo de Guapé é argiloso (150 g kg⁻¹ de areia, 600 g kg⁻¹ de argila, 260 g kg⁻¹ de silte).

3.2.2 Precipitação e temperatura

Na Figura 1 são apresentadas a precipitação e as temperaturas máximas e mínimas ocorridas na região durante a produção das mudas de cana-de-açúcar nas linhas de Meiosi. Os dados foram coletados no INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, da estação Passos A516.

A precipitação total ocorrida no período de produção das mudas (8 meses), entre 20-10-2021 e 30-06-2022, foi de 1.075 mm. A temperatura máxima do dia, durante o experimento, foi registrada nos dias 07 de novembro de 2021 e 08 de março de 2022, sendo 33,2°C. O valor mínimo da temperatura foi registrado dia 20 de maio

de 2022, sendo 2,2°C. Em Guapé não foram feitos registros diários. A distância entre os dois experimentos é de aproximadamente 70 quilômetros, em linha reta.

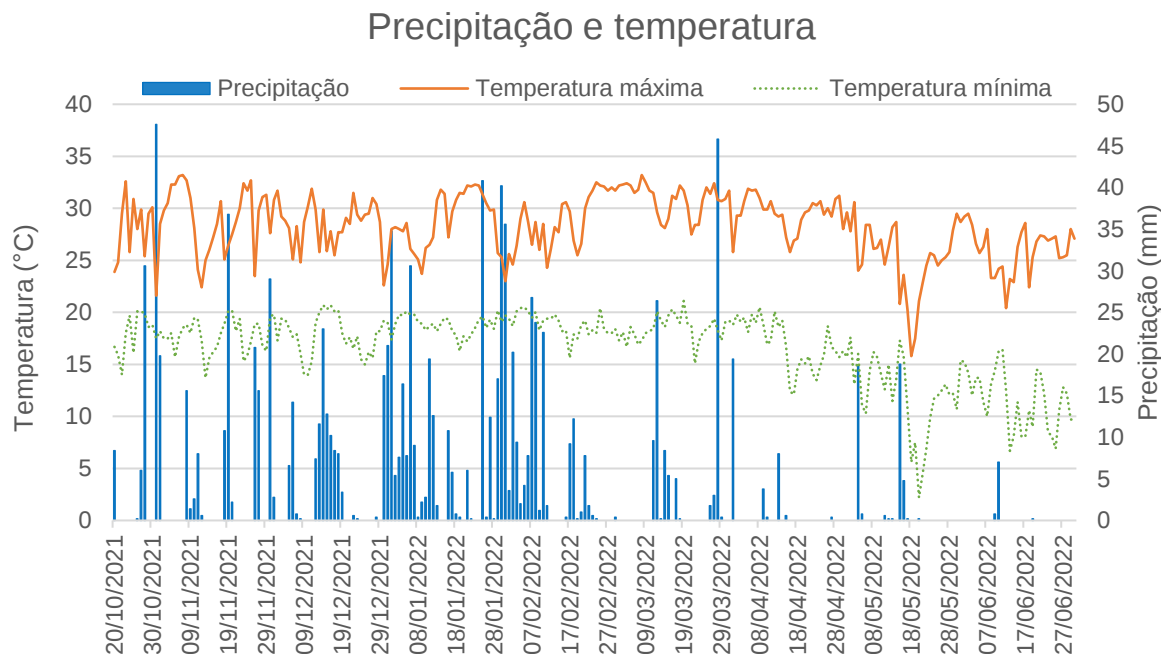


Figura 1 Precipitação e temperaturas máximas e mínimas durante o período de produção das mudas de cana-de-açúcar nas linhas de Meiosi.

3.2.3 Delineamento experimental, instalação e condução dos experimentos

Na implantação dos experimentos foi adotado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N) e duas doses de molibdênio (0 e 0,6 kg ha⁻¹ Mo) em cobertura, com quatro repetições, totalizando 40 parcelas em cada local. Foram usados ureia estabilizada com NBPT (46% N) e molibdato de sódio (39% Mo), como fontes de N e Mo, respectivamente. Cada parcela experimental (Figura 2) foi constituída por uma linha de plantas com 6 metros de comprimento, contendo dez mudas, sendo a área útil as quatro mudas centrais. O espaçamento entre as mudas foi de 60 centímetros. Para cada linha-mãe foram deixadas 4 linhas a mais, para realizar a desdobra (Figura 3). Nos cultivos comerciais costumam-se deixar mais linhas, baseado na estimativa de desdobramento, mas foram deixadas apenas 4 devido ao tamanho da área

destinada aos experimentos, visando apenas a desdobra das mudas para avaliação da brotação. O espaçamento utilizado entre as linhas foi de 1,5 metros.

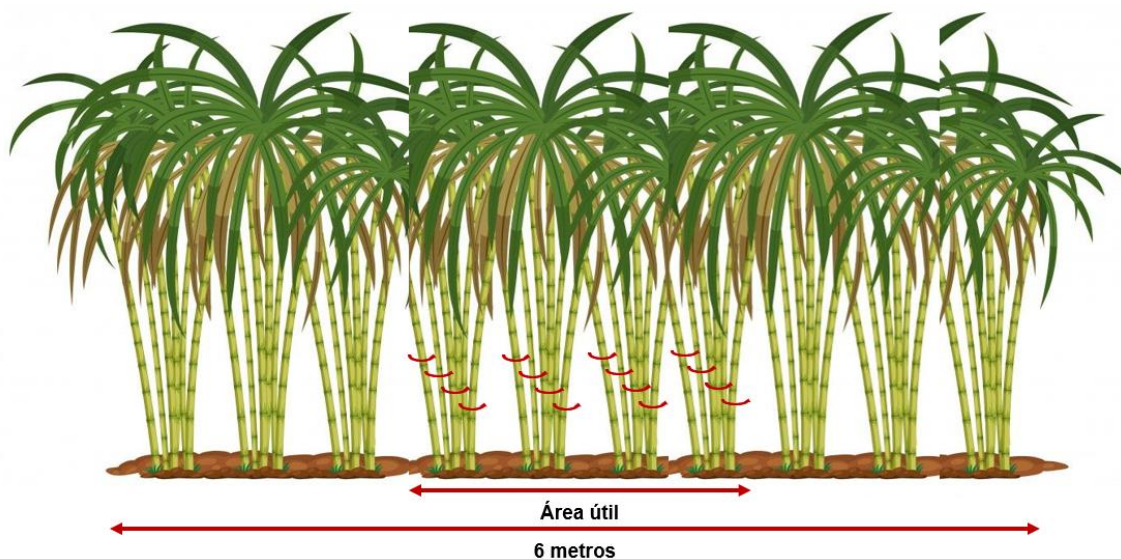


Figura 2 Parcela experimental

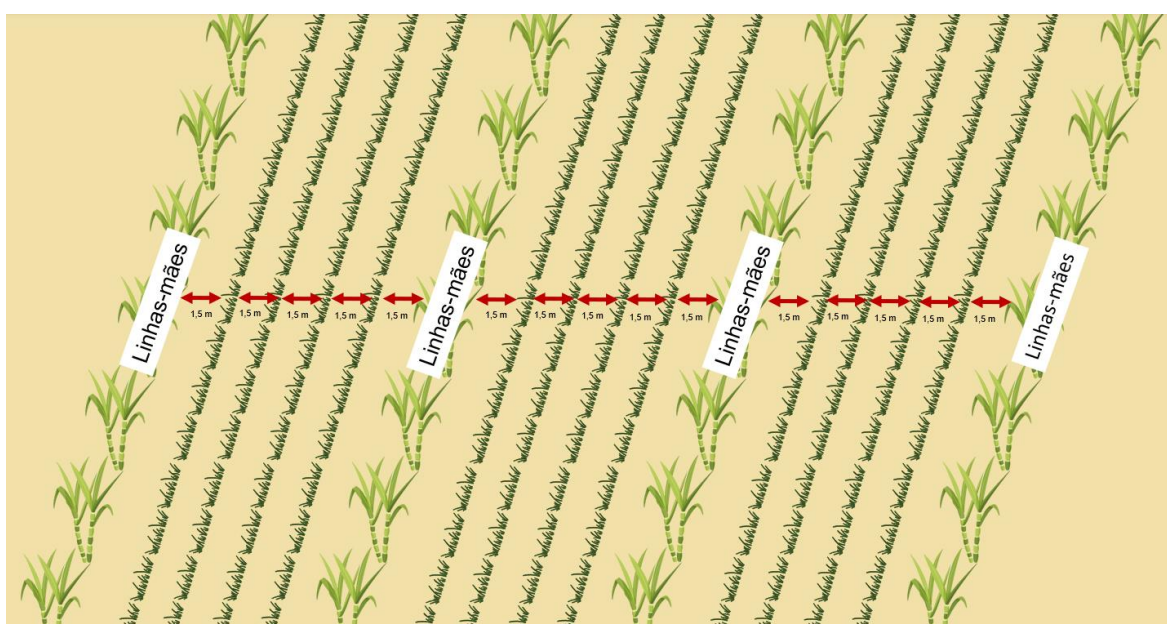


Figura 3 Esboço da área experimental

Antes do plantio foi realizado o preparo do solo, a correção da acidez via calagem, visando elevar o índice de saturação por bases a 60% e a aplicação de

gesso, conforme recomendação de Raij et al. (1996). A calagem foi necessária apenas no solo de Passos, na dose de $2,3 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário com PRNT de 80%, que foi aplicado em junho de 2021. Nesse local a aplicação de gesso foi dispensada, conforme critério de Raij et al. (1996). Na área de Guapé o índice de saturação por bases estava acima de 60% (Tabela 1) e, por isso, não foi feita aplicação de calcário, mas foi necessária a aplicação de gesso, em outubro de 2021, na dose de 3 t ha^{-1} .

O plantio das mudas nas linhas-mãe ocorreu em 22 de outubro de 2021 em Passos e em 24 de outubro de 2021 em Guapé, utilizando mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar da cultivar RB96-6928. As mudas foram adquiridas no viveiro Spinagro, localizado na cidade de Batatais (SP).

A cultivar RB96-6928 foi obtida a partir do cruzamento das variedades RB85-5156 e RB81-5690. Ela foi desenvolvida pela Universidade Federal do Paraná, apresenta excelente germinação em cana-planta, brotação em soqueiras muito boa, alto perfilhamento em cana-planta e em cana-soca, e excelente fechamento de entrelinhas. Possui produção agrícola alta, período útil de industrialização (PUI) médio e maturação precoce a média. É recomendada para ambientes de médio a alto potencial, com colheita no início a meio de safra. Apresenta teor médio de sacarose, aliada com alta produtividade agrícola, e elevada tolerância às principais doenças (Daros et al., 2015). Na safra 2022/2023 foi a terceira variedade mais plantada no Estado de Minas Gerais, ocupando 11% da área destinada ao cultivo de cana (Braga Jr e Landell, 2023).

A adubação de plantio foi definida em função da análise de solo, sendo aplicadas as mesmas doses em todos os tratamentos. Foram usados 30 kg ha^{-1} de N, 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 80 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente nas formas de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Foi feita a abertura dos sulcos, a aplicação dos adubos, o adubo foi coberto com solo e as mudas foram transplantadas.

A primeira adubação em cobertura foi realizada aos 45 dias após o plantio (DAP), com a aplicação de 70% do N e 100% do Mo, de acordo com cada tratamento, e uma dose fixa de 40 kg ha^{-1} de K_2O em cada parcela. Após a adubação foi feita a operação de quebra lombo. O quebra-lombo na cana é uma operação em que é feito o nivelamento do solo, eliminando as elevações (lombos) formados nas entrelinhas devido à abertura dos sulcos de plantio. Ela visa uniformizar o terreno e prepará-lo

para a colheita, evitando perdas de produção. Sem essa operação, pode ocorrer tombamento das plantas pela ação da chuva e do vento, e se houver um sulco na linha do cultivo, as plantas tendem a cair para dentro dele, ficando em uma posição em que as colhedoras não conseguem alcançar, mesmo abaixando a base de corte. Essas plantas tombadas não vão para a indústria, gerando perdas na colheita. A segunda adubação nitrogenada em cobertura (30% restantes) foi feita aos 45 dias antes da desdobra.

A aplicação do N foi feita em linha, ao lado das plantas, e o Mo foi aplicado via drench, com a dose de molibdato de sódio dissolvida em 10 litros de água, para cada parcela. A aplicação via drench consiste em aplicar o produto de forma localizada por meio de jato dirigido, na base da touceira da planta, onde se concentra o seu sistema radicular.

No controle de formigas e lagartas foram aplicados os produtos: fipronil, tiametoxan e clorantraniliprole/lambda-cialotrina; no controle de plantas daninhas foram utilizados diurom e hexazinona, mais controle mecânico.

A Meiosi em Guapé foi conduzida em consórcio com o feijão e, em Passos, com a soja. O manejo utilizado nas leguminosas, no controle de formigas, lagartas e plantas daninhas foi o mesmo utilizado nas linhas de Meiosi. Não foi feito o tratamento das sementes antes do plantio e não foi feita adubação para essas culturas. Após a condução dessas culturas nas áreas entre as linhas-mães, elas foram colhidas e, na sequência, foi feito o plantio das mudas produzidas na Meiosi.

3.2.4 Variáveis avaliadas

Aos 100 dias após o plantio foi realizada a primeira avaliação biométrica nas unidades experimentais, e aos 240 dias após o plantio foi realizada a segunda avaliação biométrica, no momento da desdobra. Na área útil de cada parcela foram escolhidos e identificados quatro colmos de cada touceira das quatro touceiras centrais, totalizando 16 colmos, e nesses colmos foram realizadas as avaliações.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

a) Número de perfilhos/colmos por metro: foi quantificado pela contagem dos perfilhos (colmos) nas quatro touceiras centrais de cada parcela. Após a contagem,

foi calculado o valor médio de perfilhos por metro. Na primeira avaliação eles são considerados como perfilhos e na segunda avaliação como colmos;

b) Diâmetro do colmo (mm): nos colmos identificados foram realizadas a medida do diâmetro do colmo na parte mais próxima ao solo, com a utilização de um paquímetro digital;

c) Altura do colmo (cm): a medida da altura do colmo foi realizada nos colmos identificados, usando régua. A medida foi feita de acordo com Nassif et al. (2013), sendo a distância da superfície do solo até a inserção da folha +1 (primeira folha de cima para baixo com lígula visível);

d) Número de gemas por colmo: nos colmos identificados foi feita a contagem de gemas presentes em cada colmo;

e) Produtividade ($t\ ha^{-1}$): para avaliação do rendimento da cultura foram colhidas as quatro touceiras centrais de cada unidade experimental e os colmos foram pesados em balança eletrônica, para estimar a produtividade em $t\ ha^{-1}$. O cálculo de produtividade foi feito utilizando o espaçamento de 1,5 metros entrelinhas e 0,6 metros entre plantas, que resulta em aproximadamente 11.167 touceiras por hectare. A partir do peso dos colmos das quatro touceiras centrais, estimou-se a produtividade, por regra de três, obtendo-se o resultado em quilogramas por hectare, que foi transformado para toneladas por hectare.

f) Desdobramento: foi feito o cálculo do produto da altura média do colmo, do número médio de colmos por metro linear e 0,9. O fator 0,9 é usado para considerar a perda de 10% do cruzamento de pé com ponta e ponta com pé. Exemplo: com altura média de colmo de 1,44 metros e número médio de colmos por metro linear de 20, o resultado do produto é 25,92. Então o desdobramento será de 1:25, ou seja, cada linha-mãe será suficiente para plantar 25 linhas, utilizando apenas um colmo no plantio.

3.3 Etapa 2 dos experimentos - Desdobra das linhas de Meiosi e avaliação das brotações

3.3.1 Caracterização química do solo

Antes da realização da desdobra, em abril de 2022, foi realizada novamente a coleta de solo. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise química do solo das áreas experimentais nas camadas 0 – 20 e 20 – 40 cm. Após a retirada das leguminosas que estavam em consórcio com a Meiosi, foram coletadas 20 amostras simples distribuídas ao acaso na área onde estavam as leguminosas, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, para obter as amostras compostas. Foi utilizada uma sonda como instrumento de coleta de solo. As amostras de solo foram levadas ao laboratório, para análise química do teor dos nutrientes, seguindo os mesmos procedimentos descritos na etapa 1, item 3.2.1.

Tabela 2 Caracterização química do solo dos dois locais antes da desdobra das mudas de cana-de-açúcar.

Localização profundidade (cm)	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P resina mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al ³⁺	SB	CTC	V
Guapé (0-20)	5,0	38	12	3,8	65	29	41	1	98	139	70
Guapé (20-40)	4,4	24	8	2,4	36	17	75	7	55	130	42
Passos (0-20)	4,9	22	9	3,7	27	10	37	1	41	78	52
Passos (20-40)	4,5	15	5	1,4	17	5	41	2	23	64	36

pH em CaCl₂: pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio; P resina: fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons; MO: matéria orgânica; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: respectivamente potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis; H+Al = acidez potencial; SB: soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺); CTC: capacidade de troca de cátions (SB + (H+Al)); V: índice de saturação por bases (V = 100SB/CTC)

De acordo com os resultados da Tabela 2, os solos estavam com teores de MO adequados. Os teores de P estavam baixos em Guapé e Passos, e os de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ estavam altos nos dois locais. O teor de Al³⁺ na camada de 20-40 cm estava alto em Guapé. O V% em Guapé estava adequado para cultura de cana-de-açúcar e em Passos estava baixo, mas não foi necessário aplicar calcário. A interpretação dos teores foi feita com base nos critérios de Raij et al. (1996) e Ribeiro et al. (1999).

3.3.2 Precipitação e temperatura

Na Figura 4 são apresentadas a precipitação e as temperaturas máximas e mínimas ocorridas após a desdobra até o fim dos experimentos. Os dados foram coletados no INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, da estação Passos A516.

A precipitação total ocorrida no período entre 30-06-2022 e 30-10-2022, foi de 283 mm. A temperatura máxima do dia foi registrada dias 10 e 11 de setembro de

2022, sendo 35,7°C. O valor mínimo da temperatura foi registrado dia 11 de agosto de 2022, sendo 3,8°C.

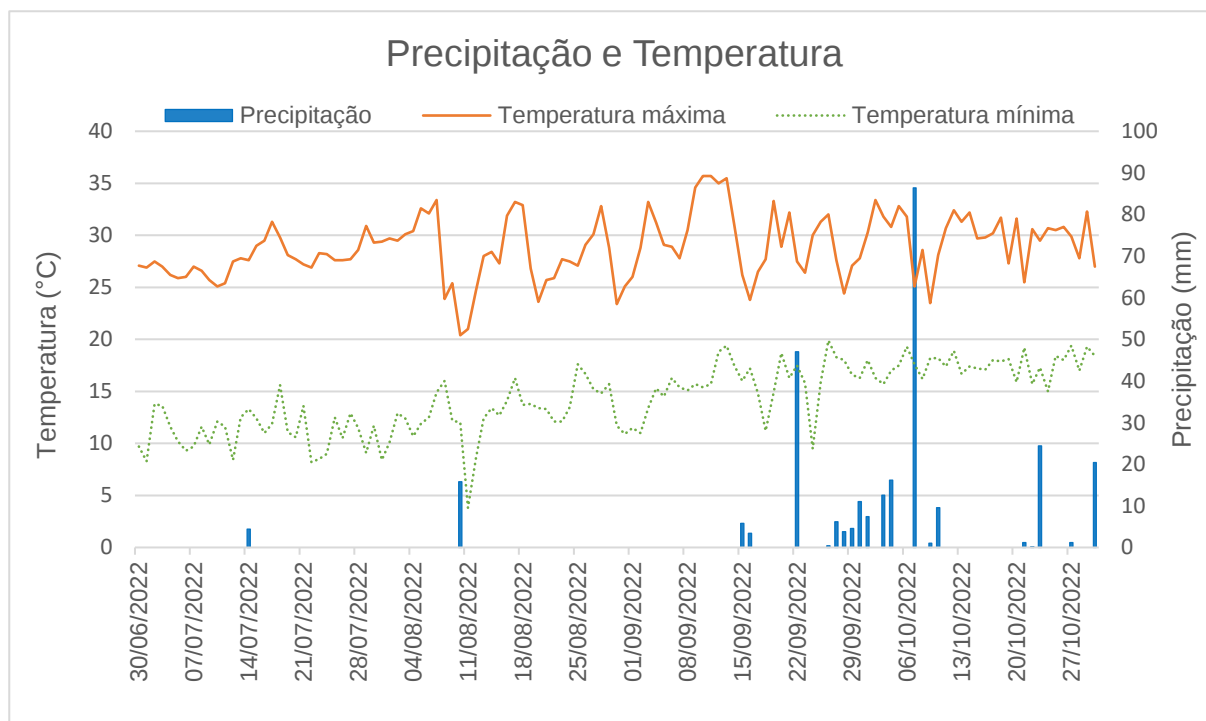


Figura 4 Precipitação e temperaturas máximas e mínimas após a desdobra das linhas de Meiosi.

3.3.3 Delineamento experimental, instalação e condução dos experimentos

Após a desdobra das linhas de Meiosi, para cada parcela foi feito o plantio ao lado da linha-mãe, de mais quatro linhas de 6 metros para constituir as novas parcelas, sendo a área útil as duas linhas centrais. Foi utilizando o mesmo delineamento e esquema fatorial das linhas de Meiosi.

No momento da desdobra foi realizada a colheita das mudas de cana, dia 27 de junho de 2022 em Passos e dias 25 e 26 de junho de 2022 em Guapé. Foram colhidas as quatro touceiras centrais de cada unidade experimental e os colmos foram desdobrados nos sulcos laterais.

Não foi feito o preparo de solo antes do plantio, somente a abertura de sulco. Utilizou-se o espaçamento de 1,5 metros entrelinhas. No plantio das mudas foi feita a abertura de sulco e a adubação de plantio. Na adubação de plantio foram aplicadas

as mesmas doses em todos os tratamentos da fórmula 08-28-16, na quantidade de 30 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Após o plantio foi feito o molhamento da área, para melhor brotamento da cana.

3.3.4 Variáveis avaliadas

g) Contagem de brotações após o plantio dos colmos produzidos na Meiosi: foi feita a contagem das brotações nas duas linhas centrais de cada parcela.

Após a contagem, foi calculado o valor médio de brotações por metro. A primeira avaliação foi aos 100 dias após o plantio (DAP) e a segunda avaliação aos 120 DAP.

3.4 Análise estatística

Para cada local, os dados obtidos foram avaliados com emprego do teste F e, em caso de significância foi usado teste de Tukey a 5% de probabilidade e regressão polinomial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados obtidos em Guapé

Na Tabela 3 está apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis: número de perfilhos/colmos, altura dos colmos, diâmetro dos colmos e número de gemas, aos 100 e aos 240 dias após o plantio (desdobra); produtividade e taxa de desdobramento das mudas aos 240 dias; e número de brotações aos 100 e 120 dias após o plantio das mudas de cana-de-açúcar produzidas em Meiosi. As análises de regressão polinomial não resultaram em ajustes significativos.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas nas mudas de cana-de-açúcar produzidas em Meiosi, em função de adubação com nitrogênio e molibdênio em cobertura, no experimento conduzido em Guapé - MG.

Teste F ¹				
Variável	Nº de perfilhos/colmos	Diâmetro de colmo	Altura de colmo	Nº de gemas
----- 100 dias após o plantio -----				
N	0,23 ns	1,36 ns	2,96 *	1,75 ns
Mo	2,82 ns	0,22 ns	0,04 ns	0,00 ns
N x Mo	0,39 ns	1,51 ns	0,42 ns	1,25 ns
CV% ²	15,03	5,58	18,19	19,44
----- Desdobra/240 dias após o plantio -----				
N	1,81 ns	2,11 ns	1,27 ns	2,42 ns
Mo	0,71 ns	5,77 *	1,28 ns	1,80 ns
N x Mo	0,05 ns	0,60 ns	0,57 ns	0,96 ns
CV% ²	8,23	3,95	5,56	3,83
Variável	Produtividade	Desdobramento	Brotações 100 DAP	Brotações 120 DAP

N	2,34 ns	2,64 ns	1,89 ns	1,52 ns
Mo	0,20 ns	0,08 ns	1,87 ns	2,00 ns
N x Mo	0,25 ns	0,44 ns	0,75 ns	0,94 ns
CV% ²	11,00	8,58	113,18	56,20

¹ ns = não significativo, * = significativo a 5%, pelo Teste de Tukey; ² CV = coeficiente de variação; DAP = dias após o plantio

Observa-se que a maioria das variáveis não foi influenciada significativamente pelas doses dos nutrientes, com efeitos apenas para altura de colmo aos 100 dias após o plantio e diâmetro de colmo aos 240 dias após o plantio (Tabela 3).

Na Tabela 4 observam-se os valores numéricos obtidos para as variáveis avaliadas, com a comparação de médias para os casos em que houve diferenças estatísticas.

Em relação ao diâmetro, na primeira biometria (100 DAP) não houve diferença estatística em relação às adubações com N e Mo, mas aos 240 DAP, a adubação com Mo resultou em maior diâmetro de colmos.

A altura de colmo não foi afetada pela adubação com Mo, mas foi maior com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, aos 100 dias após o plantio.

Tabela 4 Teores médios das variáveis avaliadas nas mudas de cana-de-açúcar produzidas em Meiosi, em função de adubação com nitrogênio e molibdênio em cobertura, no experimento conduzido em Guapé - MG.

Variável	Nº de perfilhos/colmos		Diâmetro de colmo (mm)		Altura de colmo (cm)		Nº de gemas	
Adubação					Mo (g ha ⁻¹)			
N (kg ha ⁻¹)	0	600	0	600	0	600	0	600
----- 100 dias após o plantio -----								
0	36,2	32,0	24,2	23,6	18,5 Aab	16,7 Aab	2,2	2,2
30	37,5	32,5	24,0	26,0	19,7 Aab	19,2 Aab	2,5	2,5
60	33,2	33,7	24,5	25,1	19,5 Aa	21,7 Aa	2,2	2,7
90	36,2	35,0	24,0	23,9	15,5 Ab	15,5 Ab	2,0	2,0
120	35,7	32,0	24,3	23,4	17,7 Aab	16,7 Aab	2,5	2,0
----- Desdobra/240 dias após o plantio -----								
0	20,7	20,0	25,7 Ba	25,8 Aa	137,2	136,7	12,5	12,5
30	19,5	18,7	26,4 Ba	27,8 Aa	143,2	141,2	12,5	12,2
60	21,2	21,0	26,7 Ba	27,1 Aa	143,2	146,7	12,2	12,7
90	21,0	20,7	25,5 Ba	26,8 Aa	135,7	144,2	11,7	12,0
120	21,0	20,7	26,1 Ba	27,0 Aa	136,5	141,0	12,0	12,5

Variável	Produtividade (t ha ⁻¹)		Desdobramento (1:)		Brotações 100 DAP		Brotações 120 DAP	
Adubação					Mo (g ha ⁻¹)			
N (kg ha ⁻¹)	0	600	0	600	0	600	0	600
0	104,52	104,05	25,2	24,5	0,50	0,25	3,00	2,50
30	106,20	101,65	25,2	23,5	0,50	2,25	3,25	6,75
60	115,57	119,30	27,5	27,7	0,50	1,00	3,00	4,00
90	109,82	116,55	26,0	26,5	2,00	2,00	5,25	5,00
120	115,25	118,42	25,7	26,5	0,75	0,75	3,75	5,25

Letras maiúsculas diferentes indicam efeito da adubação com Mo e letras minúsculas diferentes indicam efeito da adubação com N, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.2 Resultados obtidos em Passos

Na Tabela 5 está apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas aos 100 e aos 240 dias nas mudas produzidas nas linhas-mãe da Meiosi, mais produtividade e taxa de desdobramento aos 240 dias. Nela estão também os dados da brotação das mudas aos 100 e 120 dias após o plantio.

Nesse local, nenhuma das variáveis, cujos valores numéricos estão na Tabela 6, respondeu às adubações. As regressões linear e quadrática também não foram significativas.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para as variáveis avaliadas nas mudas de cana-de-açúcar produzidas em Meiosi, em função de adubação com nitrogênio e molibdênio em cobertura, no experimento conduzido em Passos - MG.

Teste F ¹				
Variável	Nº de perfilhos/colmos	Diâmetro de colmo	Altura de colmo	Nº de gemas
----- 100 dias após o plantio -----				
Adubação				
N	0,03 ns	1,21 ns	0,43 ns	0,99 ns
Mo	0,42 ns	0,56 ns	0,16 ns	0,53 ns
N x Mo	0,15 ns	0,32 ns	0,13 ns	0,86 ns
CV% ²	22,77	6,05	41,46	34,76
----- Desdobra/240 dias após o plantio -----				
N	0,26 ns	0,14 ns	0,27 ns	0,22 ns
Mo	0,43 ns	2,80 ns	0,02 ns	0,86 ns
N x Mo	0,24 ns	0,56 ns	0,56 ns	0,59 ns
CV% ²	13,31	2,98	5,19	4,70
Variável	Produtividade	Desdobramento	Brotações 100 DAP	Brotações 120 DAP
Adubação				
N	0,50 ns	0,27 ns	0,17 ns	0,53 ns
Mo	0,14 ns	0,48 ns	2,26 ns	1,86 ns
N x Mo	0,92 ns	0,15 ns	0,40 ns	0,55 ns
CV% ²	18,35	14,61	15,46	16,33

¹ ns = não significativo, * = significativo a 5%, pelo Teste de Tukey; ² CV = coeficiente de variação

Tabela 6 Teores médios das variáveis avaliadas nas mudas de cana-de-açúcar produzidas em Meiosi, em função de adubação com nitrogênio e molibdênio em cobertura, no experimento conduzido em Passos - MG.

Variável	Nº de perfilhos/colmos		Diâmetro de colmo (mm)		Altura de colmo (cm)		Nº de gemas	
Adubação								
N (kg ha ⁻¹)	0	600	0	600	0	600	0	600
----- 100 dias após o plantio -----								
0	30,5	26,2	26,0	25,7	8,7	9,5	1,5	1,0
30	28,7	29,0	24,5	25,0	9,0	10,7	1,2	1,5
60	29,2	28,5	24,1	24,6	7,7	8,2	1,0	1,0
90	29,2	29,0	25,4	25,3	10,0	10,5	1,2	1,2
120	30,2	28,5	24,9	26,2	10,5	9,5	1,5	1,2
----- Desdobra/240 dias após o plantio -----								
0	23,0	21,0	27,6	27,4	189,5	189,7	14,7	14,5
30	20,7	21,0	27,0	27,7	192,5	188,5	14,5	14,5
60	22,5	21,5	27,2	27,4	189,7	199,0	14,2	14,5
90	21,2	21,7	27,3	27,9	192,2	192,0	14,7	14,0
120	22,5	21,7	27,0	27,9	193,0	189,7	14,5	14,2
Variável	Produtividade (t ha ⁻¹)		Desdobramento (1:)		Brotações 100 DAP		Brotações 120 DAP	
Adubação								
N (kg ha ⁻¹)	0	600	0	600	0	600	0	600
0	201,27	166,67	39,0	36,0	14,7	14,7	17,0	17,0
30	165,97	166,12	36,2	35,7	14,0	15,2	17,2	18,0
60	154,57	177,85	38,5	38,0	13,5	16,2	14,0	17,7
90	174,17	178,80	36,7	37,2	15,0	16,0	17,2	18,0
120	174,15	161,85	39,7	37,2	14,7	15,2	16,7	17,5

4.3 Discussão

Não houve resposta das mudas de cana-de-açúcar a aplicação de nitrogênio em doses de até 120 kg ha^{-1} , combinadas ou não com 600 g ha^{-1} de Mo, nos experimentos instalados em Passos e Guapé (MG). As pesquisas em que foram avaliadas as respostas da cana-planta à adubação nitrogenada não são conclusivas, mas a cana-planta apresenta, de modo geral, menor resposta ao nitrogênio que a cana-soca, o que fica evidente nas recomendações de adubação (Ribeiro et al., 1999; Quaggio et al., 2022).

A baixa resposta da cana-planta à adubação nitrogenada pode ser explicada com base no fato de que grande parte do N absorvido pela planta provém do N mineralizado da matéria orgânica do solo e dos restos culturais da própria cana ou da cultura que a antecedeu, particularmente das leguminosas que fixam em simbiose e incorporam nitrogênio no solo através dos restos de parte aérea e raízes. Mais de 95% do N do solo está na matéria orgânica e a sua disponibilidade vai depender das transformações que ocorrem no solo e transformam o N orgânico em N disponível (Penatti, 2013). Desse modo, práticas agrícolas como preparo do solo com revolvimento, que antecede o plantio, favorecem a mineralização e aumentam a disponibilidade de N para a cultura.

Nos dois locais dos experimentos havia pastagem estabelecida por muitos anos e, com o preparo do solo, as condições para a mineralização do N dos restos culturais e do solo estavam muito favoráveis. Solos em pousio por dois ou mais anos e/ou cultivados após pastagem apresentam alto estoque de resíduos de plantas que poderão ser mineralizados, e por isso a classe de resposta esperada para adubação nitrogenada é baixa (Cantarella e Mattos Jr., 2022). Ainda, antes do plantio da cana nas áreas dos experimentos foi feito o preparo do solo com revolvimento de grande quantidade de solo através de aração, gradagem e abertura de sulco, aumentando a aeração, quebrando os agregados e expondo a matéria orgânica, o que pode ter facilitado a sua mineralização pelos microrganismos.

O solo de Guapé foi classificado como argiloso com teor de matéria orgânica adequado, sendo 39 g dm^{-3} na camada de 0-20 e 20 g dm^{-3} na camada de 20-40 cm (Tabela 1). O solo de Passos foi classificado como franco-argilo-arenoso, com teores

de matéria orgânica adequados, 23 g dm^{-3} na camada de 0-20 e 14 g dm^{-3} na camada de 20-40 cm (Tabela 1).

Os teores de matéria orgânica adequados em ambos os solos não são garantia de alta disponibilidade de N porque a mineralização é dependente do clima, do regime hídrico, dos tipos de solo, do manejo, da época de plantio, das cultivares e da forma de aplicar os insumos, dentre outros, mas o revolvimento mecânico, a umidade e a temperatura (Figura 1), favoreceram a mineralização.

As adubações em cobertura foram feitas em dezembro (70% da dose) e maio (30% da dose), a primeira avaliação em janeiro e a segunda avaliação em junho. O pico de absorção de N é nos meses de novembro a janeiro, sendo que, em condições normais, a maior absorção ocorre na primavera-verão (Oliveira, 2001). Isso pode justificar a falta de resposta à adubação com N na variável altura entre as duas avaliações, com efeito significativo apenas na primeira.

Em estudo de adubação nitrogenada em cobertura na produção de mudas de cana-de-açúcar em Meiosi, nas doses de zero, 40, 80, 120 e $160 \text{ kg de N ha}^{-1}$, em um solo de textura média, no município de Viçosa-MG, Oliveira et al. (2016) também não obtiveram resposta nas variáveis analisadas (teores de nutrientes na folha +3 e produção de mudas), com teores iniciais de MO no solo de 24 g dm^{-3} , na camada de 0-20 cm.

Do mesmo modo, Oliveira (2014) não obteve resultado significativo nas variáveis altura, número de plantas, diâmetro do colmo, área foliar, índice de área foliar, fitomassa da parte aérea das plantas, fitomassa seca e qualidade tecnológica da cana, utilizando doses de nitrogênio (0, 30, 40, 50 e 60 kg ha^{-1}) e molibdênio (0, 98, 196, 294 e 392 g ha^{-1}) em cana irrigada, no Estado da Paraíba, em solo com teor de MO igual a $7,7 \text{ g dm}^{-3}$ na camada de 0-20 cm.

A quantidade de nitrogênio exportada pelos colmos da cana-de-açúcar é parecida com a quantidade de adubo nitrogenado que se aplica ao solo, sem contar as perdas por lixiviação e volatilização. Apesar disso, é difícil encontrar áreas cultivadas com cana com baixa disponibilidade de nitrogênio, o que pode ser devido a ocorrência de fixação biológica de N_2 na cana (Boddey et al., 2003). Urquiaga et al. (1992) isolaram várias bactérias capazes de fixar N_2 em associação com a cana-de-

açúcar e, assim, a fixação biológica, pode ser mais um fator que justifica a não resposta das plantas à adubação nitrogenada.

A inoculação de bactérias que vivem em associação com a cana combinada com doses baixas de N, em algumas situações, resultaram em ganhos de produtividade, com possibilidade de diminuição das doses de fertilizantes nitrogenados (Suman et al., 2005; Oliveira et al., 2006). A necessidade do uso de doses baixas de N em combinação com a inoculação é porque altas doses de fertilizante nitrogenado podem interferir negativamente na colonização, população de bactérias promotoras de crescimento de plantas e atividade da nitrogenase (Reis Junior et al., 2000; Medeiros et al., 2006). Contudo, o processo de fixação de N em cana-de-açúcar ainda não foi totalmente esclarecido. Uma coisa que se sabe é que há cultivares que respondem mais que as outras e, em condições de campo, não há evidências de que a fixação biológica de N garanta o suprimento de N para as cultivares de média a alta produtividade (Vitti et al., 2010).

Outros fatores que podem justificar a ausência de resposta da cana-planta à adubação nitrogenada estão associados às características do sistema radicular, muito profundo e ramificado. Raízes mais profundas possibilitam maior eficiência na absorção de nutrientes, e a cana-de-açúcar possui um sistema radicular muito profundo (Silva et al., 2022). Além do aspecto morfológico, as raízes da cana-de-açúcar regulam diversos processos, dentre eles o fluxo de nitrato, que está relacionado com o crescimento da planta (Castro, 2016).

No experimento em Passos, as condições físico-químicas do solo (Tabela 1) estavam adequadas para o crescimento radicular em profundidade, mas no experimento em Guapé foi necessária a aplicação de gesso (Tabela 1), com a finalidade de melhorar o ambiente radicular das plantas nas camadas mais profundas, diminuindo o teor de Al^{3+} e aumentando o teor de Ca^{2+} (Ribeiro et al., 1999). Com o uso do gesso em Guapé e as condições favoráveis em Passos, a captação de mais nitrogênio em profundidade pode ter sido favorecida, o que ajuda a explicar a não resposta a adubação nitrogenada das mudas de cana-de-açúcar.

O uso do molibdênio na adubação também não resultou em ganho de produtividade, em qualquer combinação com as doses de nitrogênio. Li-Ping et al. (2007), em ensaios em casa de vegetação, utilizaram doses de molibdênio em solução

nutritiva, e avaliaram duas cultivares (RB72/454 e RB86/7575) de cana-de-açúcar, em vasos com areia. Os autores relataram que o tratamento com a menor concentração de Mo ($0,01\text{mg L}^{-1}$) aumentou a atividade de nitrato redutase, melhorando o metabolismo do nitrogênio e a assimilação da amônia pelas plantas.

Mellis et al. (2022), testando a aplicação combinada de N e Mo em mudas de cana-de-açúcar em vasos, demonstraram melhor resposta ao molibdênio quando o N estava limitante. Esse aspecto pode explicar a não resposta a adubação com o Mo obtida no presente experimento, pois nos solos de Guapé e de Passos, em função das respostas obtidas para as medidas biométricas (altura média igual a 1,66 metros e número médio de gemas igual a 13, aos 8 meses), havia disponibilidade adequada de N nos tratamentos sem adubação. Lima (2020) também não obteve resposta à interação adubação nitrogenada, adubação molíbdica e inoculação de bactérias diazotróficas em cana-planta.

5 CONCLUSÃO

Não houve resposta das mudas de cana-de-açúcar a aplicação de nitrogênio em doses de até 120 kg ha^{-1} , combinadas ou não com 600 g ha^{-1} de molibdênio, em experimentos conduzidos em dois locais, indicando que a adubação em cobertura pode ser dispensada ou podem ser recomendadas doses de nitrogênio que não ultrapassem 30 kg ha^{-1} de N, sem complementação com molibdênio, apenas com o propósito de manutenção da fertilidade do solo.

6 REFERÊNCIAS

Aude MIdaS (1993) Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural** 23(2):241-248.

Braga Jr RIC, Landell MGA (2023) Censo Varietal IAC na Região Centro-Sul do Brasil: Safra 2022/23 - Revista Canavieiros. Disponível em: <https://www.revistacanavieiros.com.br/censo-varietal-iac-na-regiao-centro-sul-do-brasil-safra-202223>. Acesso em: 28 dez 2023.

Boddey RM, Urquiaga S, Alves BJR, Reis V (2003) Endophytic nitrogen fixation in sugarcane: present knowledge and future applications. **Plant and Soil** 252:139-149.

Bolonhezi D, Bolonhezi AC, Carlos JAD (2014) Adubação verde e rotação de culturas para cana-de-açúcar. In: Lima Filho OFde, Ambrosano EJ, Rossi F, Carlos JAD. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, p. 127-158.

Cantarella H (2007) Nitrogênio. In: Novais RF, Alvarez V. VH, Barros NFde, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470.

Cantarella H, Mattos Jr. D (2022) Nitrogênio. In: Cantarella H, Quaggio JA, Matos Jr. D, Boaretto RM, van Raij B **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 489.

Carvalho EXde (2015) **Ciclagem de nitrogênio e estimativa de biomassa de cana-de-açúcar em Pernambuco**. 71 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco PE.

Castro PRC (2016) **Fisiologia aplicada à cana-de-açúcar**. Piracicaba, SP. STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, p. 208.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento (2022 a) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v.9, n.2. Safra 2022/23 - 2º Levantamento. Brasília: Conab.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento (2022 b) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v.8, n.4. Safra 2021/22 - 4º Levantamento. Brasília: Conab.

Cronquist A (1981) **An Integrated System of Classification of Flowering Plants**. New York: Columbia University Press, p. 1262.

Daros E, Oliveira RAd, Barbosa GVdeS (2015) **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 25 anos de Ridesa**. 1. ed., Curitiba: Editora Graciosa, p.156.

de Lima MAS, de Oliveira ECA, Martins VRS, da Silva LB, de Souza PHN, Freire FJ (2022) Integrated application of nitrogen, molybdenum and plant growth-promoting rhizobacterium can enhance the sugarcane growth. **Sugar Tech** 24:1748–1765.

Ferraz-Almeida R, Silva NLda, Wendling B (2020) How does N mineral fertilizer influence the crop residue N credit? **Nitrogen** 1:99-110.

Franco HCJ, Trivelin PCO, Faroni CE, Vitti AC, Otto R (2008) Aproveitamento pela cana-de-açúcar da adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: 2763-2770.

IPNI, International Plant Nutrition Institute (2022) **Molibdênio**. Nutri-fatos, Informações agrônômicas sobre nutrientes para plantas, nº 13.

Köppen W (1948) **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica. México.

Landell MGdeA (1998) Plantio com Meiosi. In: Seminário IDEA, 2: Redução de custos na lavoura canavieira. Ribeirão Preto: IDEA, p. 54-62.

Lima AMSde (2020) **Adubação nitrogenada e molíbdica em cana planta inoculada com bactéria promotora de crescimento**. 86f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, PE.

Li-Ping W, Yang-Rui L, Li-Tao Y (2007) Effects of molybdenum on nitrogen metabolism of sugarcane. **Sugar Tech**, 9: 36–42.

Luz PHdeC, Quintino TA, Silva FCda, Coleti JT, Bet JA (2017) Nutrição mineral e fertilização em cana-de-açúcar In: Silva FCda, Alves BJR, Freitas PLde **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. Brasília, DF: Embrapa, p. 656-730.

Medeiros AFA, Polidoro JC, Reis VM (2006) Nitrogen source effect on *Gluconacetobacter diazotrophicus* colonization of sugarcane (*Saccharum* spp.). **Plant and Soil** 279:141–152.

Mellis EV, Kolln OT, Moreira LA, Otto R, Ferraz-Almeida R, Ramos LF, Andrade RdeP, Franco HCJ (2022) Molybdenum increases nitrogen use efficiency of sugarcane under limited N supply. **Journal of Plant Nutrition** 45(9):1360-1369.

Mellis EV, Quaggio JA (2015) Uso de micronutrientes em cana-de-açúcar. IPNI: International Plant Nutrition Institute, **Informações agronômicas**, 149:1-9.

Mellis EV, Quaggio JA, Junqueira LA, Chiba MK, Vieira RdeC (2015) Molibdênio em Cana-de-Açúcar: Aplicação Foliar vs Aplicação Via Solo, Qual a Melhor Alternativa? In: **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal, RN. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo "Solo e suas múltiplas funções" 35:1-4.

Nassif DSP, Marin FR, Costa LG (2013) Padrões mínimos para coleta de dados experimentais para estudos sobre crescimento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar. Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**, 28. (Documentos, 127).

Oliveira ACde (2012) **Interação da adubação nitrogenada e molíbdica em cana-de-açúcar**. 97 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco PE.

Oliveira ALM (2001) **Contribuição da fixação biológica de nitrogênio por bactérias diazotróficas endofíticas na cultura da cana-de-açúcar**: Avaliação da interação entre espécies de relevância agrônômica com a planta hospedeira. 119 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia vegetal). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro RJ.

Oliveira ALM, Canuto EL, Urquiaga S, Reis VM, Baldani J (2006) Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with diazotrophic bacteria. **Plant and Soil** 284:23–32.

Oliveira ARRde (2014) **Doses de nitrogênio e molibdênio e seus efeitos na fisiologia e produção da cana-de-açúcar irrigada**. 62 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande PB.

Oliveira MW, Macêdo GAR, Martins JA, Silva VSG, Oliveira AB (2018) Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. **Sugarcane Technology and Research** 1: 169-191.

Oliveira MWde, Oliveira TBA, Bezerra JDC, Oliveira ASde, Silva VSGda (2016) Adubação nitrogenada na produção de mudas de cana-de-açúcar pelo sistema de Meiosi. In: **I Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER – PDVAgro**.

Orlando Filho J, Rosseto R, Casagrande AA (2001) Cana-de-açúcar. In: Ferreira ME, Cruz MCP, Raij B, Abreu CA **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, p. 355-369.

Penatti CP (2013) **Adubação da cana-de-açúcar**: 30 anos de experiência. Ottoni Editora, Itu (SP) p. 347.

Pereira W, Sousa JS, Schultz N, Reis VM (2019) Sugarcane productivity as a function of nitrogen fertilization and inoculation with diazotrophic plant growth-promoting bacteria. **Sugar Tech** 21: 71–82.

Quaggio JA, Cantarella H, van Raij B, Otto R, Penatti CP, Rossetto R, Vitti GC, Korndörfer GH, Trivelin PCO, Mellis EV, Franco HCJ, Gava GJC, Vitti AC, Dias FL (2022) Cana-de-açúcar. In: Cantarella H, Quaggio JA, Mattos Jr. D, Boaretto RM, van Raij B **Boletim 100**: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, p.177-186.

Raij B van, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (1996) **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, p.285 (Boletim técnico, 100).

Reis Junior FB, Reis VM, Urquiaga S, Dobereiner J (2000) Influence of nitrogen fertilisation on the population of diazotrophic bacteria *Herbaspirillum* spp. and *Acetobacter diazotrophicus* in sugarcane (*Saccharum* spp.). **Plant and Soil** 219:153–159.

Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez V. VH (1999) **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, Minas Gerais, p.359.

Rossetto R, Dias FLF, Vitti AC (2010) Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACMde, Landell MGdeA **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 221-238.

Scarpari MS, Beauclair EGFde (2010) Anatomia e Botânica. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACMde, Landell MGdeA **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 45-56.

Silva JANda, Iacia JC, Forest R, Silva MLSda (2022) Manutenção e persistência do palhiço em função do manejo e seu efeito sobre o sistema radicular da cana-de-açúcar. **Revista Magsul de Agronomia**. 2: 58-74.

Suman A, Gaur A, Shrivastava AK, Yadav RL (2005) Improving sugarcane growth and nutrient uptake by inoculating *Gluconacetobacter diazotrophicus*. **Plant Growth Regulation** 47:155–162.

Urquiaga S, Cruz KHS, Boddey RM (1992) Contribution of nitrogen fixation to sugarcane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of América Journal**, 56:105-114.

Vieira RdeC (2015) **Doses e formas de aplicação de molibdênio em cana-de-açúcar**. 88f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP.

Vitti AC, Cantarella H, Trivelin PCO, Rossetto R (2010) Nitrogênio. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACMde, Landell MGdeA **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 239-270.

Xavier MA, Mendonça JRde, Sanguino A (2010) Viveiro de Mudas In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACMde, Landell MGdeA. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 535-546.