



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**

LILIAN HORANNA ALVES DA SILVA

**RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO
OBRIGATÓRIO:** Efeito da adubação foliar nitrogenada com pulverização de níquel
e molibdênio no crescimento e metabolismo do N em cana-de-açúcar cultivada em
espodossolo humilúvico órtico dúrico.

BACHARELADO EM AGRONOMIA

Recife
2025



LILIAN HORANNA ALVES DA SILVA

**RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES DO ESTÁGIO
SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO: Efeito da adubação foliar
nitrogenada com pulverização de níquel e molibdênio no crescimento e
metabolismo do N em cana-de-açúcar cultivada em espodossolo
humilúvico órtico dúrico..**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

Relatório de Estágio
Supervisionado Obrigatório
apresentado à Universidade
Federal Rural de Pernambuco
como parte das exigências para
obtenção do título de Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Emídio
Cantídio Almeida de Oliveira

RELAÇÃO DE ESTÁGIO REALIZADO

NOME: Lilian Horanna Alves da Silva

MATRÍCULA: 200716793

CURSO: Bacharelado em agronomia

ORIENTADOR (a): Emídio Cantídio Almeida
de Oliveira

ESTABELECIMENTO DE ENSINO: Universidade Federal Rural de
Pernambuco

ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO

LOCAL DE REALIZAÇÃO: Universidade Federal rural de Pernambuco

ENDEREÇO: Rua Dom Manuel de Medeiros S/N, Recife

PERÍODO: Set/2022 á Ago/2023

CARGA HORÁRIA: 20h semanais

SUPERVISOR (A): Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

ORIENTADOR (A)

CONCEDENTE

ESTAGIÁRIO (A)

RESUMO

A adubação foliar consiste na aplicação de nutrientes na folha vegetal, através da pulverização de soluções contendo nutrientes. Na cana-de-açúcar, esta técnica permite complementar a adubação via solo no momento de máxima demanda por nutrientes quando a entrada de maquinário é inviabilizada devido ao porte da cultura, e evita a exposição aos processos de perda que ocorrem no solo. O nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido pela cultura e pode ser absorvido nas formas nítrica (NO_3^-), amídica (NH_2) e amoniacal (NH_4^+). Os micronutrientes níquel (Ni) e molibdênio (Mo) podem viabilizar o aumento da assimilação do N fornecido via foliar através da ativação da enzima nitrato redutase (NR) e Urease. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da adubação foliar com diferentes formas de N, combinadas com Ni e Mo, em potencializar o metabolismo foliar de N e o crescimento da cana-de-açúcar. O experimento foi realizado em cana planta com a variedade RB867515 cultivada em lisímetros por um período de 202 dias. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com 4 tratamentos e 3 repetições, totalizando 12 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram na aplicação foliar de N, Ni e Mo, sendo aplicado o equivalente a $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N, $6 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Ni, $50 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Mo, nas combinações N, Ni+Mo e N + Ni + Mo e o tratamento controle (água+dispersante). As soluções foram pulverizadas nas folhas F+1, F+2 e F+3, aos 158 dias após o plantio (DAP). No terceiro e décimo primeiro dia após pulverização (DAPF), o terço médio das folhas que receberam a solução foi coletado para avaliação da atividade da enzima RN e Urease e os teores de Ni e Mo. No décimo quinto e quadragésimo quarto (DAPF) foram realizadas o mensuramento do comprimento e diâmetro dos entrenós das folhas F+1, F+2 e F+3. No final do ciclo de avaliação foram analisados os teores de NO_3^- e NH_4^+ , a mensuração dos parâmetros biométricos: altura da planta (da base até a inserção da folha +1), diâmetro médio do colmo e biomassa seca da planta. Os dados normais e homocedásticos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e teste de tukey ($p < 0,05$) e ($p < 0,10$). A atividade da RN aumentou nos dois tempos de avaliação com a adubação foliar e o tratamento com N, Ni e Mo apresentou maior ARN. A urease não foi influenciada pelo tratamento. Os teores nutricionais apresentaram-se maior no tratamento que receberam a aplicação e nos parâmetros biométricos, os tratamentos não aumentaram o desenvolvimento da planta. Na biomassa por compartimentos, o tratamento com N, Ni e Mo apresentou menor índice de folha seca e maior número de folhas verde e ponteiro, entretanto, não se diferenciou dos demais tratamentos na biomassa total.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 A cultura da cana-de-açúcar	7
2.2 Adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar	7
2.3 Adubação foliar nitrogenada	8
2.4 Adubação foliar com Níquel e Molibdênio	9
3. OBJETIVOS	11
3.1 Objetivo geral	11
3.2 Objetivo específico	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1 Descrição da área e delineamento experimental	11
4.2 Condução experimental	12
4.3 Coleta e análise de dados	14
4.3.1 Coleta de folha	14
4.3.2 Análises da enzima nitrato redutase	14
4.3.3 Análise da enzima urease	15
4.3.4 Análise nutricional	15
4.3.5 Análises biométricas e biomassa	15
4.4 Análise estatística	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1 Atividade da enzima nitrato redutase	16
5.2 Atividade da enzima urease	17
5.3 Teores nutricionais	18
5.4 Biometria e produção de biomassa	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
7. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES EXECUTADAS	Erro! Indicador não definido.
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é a terceira cultura mais importante para a economia brasileira, devido a sua contribuição para o PIB (Produto Interno Bruto) agropecuário. A cultura é matéria-prima para a produção de açúcar, biocombustível, e outros produtos. Isso é atribuído a sua alta capacidade em produção de biomassa através do uso eficiente de água e nutrientes.

Entre os fatores que influenciam a produtividade da cana-de-açúcar está o manejo nutricional dos canaviais. O nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido pela cultura, atuando como componente estrutural da clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos.

Devido a complexidade da dinâmica de N no sistema água-solo-planta, as adubações via solo não são muito eficientes, por conta de perdas por lixiviação, desnitrificação, volatilização entre outras formas, tornando necessário a aplicação do elemento em maiores quantidades. Essas aplicações em grandes quantidades ocasionam prejuízos econômicos, por conta dos altos preços do fertilizante e prejuízos ambientais, como contaminação dos lençóis freáticos (RESENDE, A.V 2002). Por isso, existe a necessidade pela busca de manejos que possibilitem a diminuição de perdas e otimizem o uso do nutriente pelas plantas.

A adubação foliar é uma alternativa para melhorar a eficiência da nutrição das plantas. A técnica consiste em suprir as deficiências nutricionais de forma localizada e nos estágios de desenvolvimento vegetativo o qual a adubação via solo é dificultada, devido menor espaçamento entre linhas e maior altura das plantas, que impossibilita a entrada de maquinários. A adubação foliar também permite a melhor distribuição dos micronutrientes requeridos pelas culturas, visto que são aplicados em baixas dosagem e a distribuição por via sólida não é uniforme.

Outra alternativa para melhorar a eficiência da adubação nitrogenada é a aplicação do N com os micronutrientes Níquel (Ni) e Molibdênio (Mo), devido os mesmo atuarem como cofatores de enzimas atuantes na metabolização do nitrogênio na planta.

O níquel é cofator da enzima urease, que é responsável pela hidrólise da ureia no tecido foliar. Após a absorção da ureia pelas folhas ou a própria ureia endógena, a enzima urease realiza a hidrólise da ureia e converte em amônio e dióxido de carbono. Enquanto o molibdênio atua como cofator da enzima redutase do nitrato que é uma das enzimas responsáveis pela redução de nitrato a nitrito, no tecido vegetal. O amônio sintetizado por essas duas vias é metabolizado pela enzima glutamina sintetase e convertido em aminoácidos.

Diante da importância da adubação nitrogenada na cana-de-açúcar e a necessidade de otimizar o uso do nutriente pela cultura, objetivou-se avaliar o efeito da adubação foliar com diferentes formas de N, combinadas ao Ni e Mo, em potencializar o metabolismo foliar de

N e o crescimento da cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta pertencente à classe das monocotiledôneas, ao gênero *Saccharum spp.* e a família das *Poaceae*. É uma planta perene, entretanto, sua forma de cultivo se classifica como semi perene com seu ciclo de cultivo variando entre 12 e 18 meses. A planta se caracteriza por apresentar caule do tipo colmo, composto de nós, entrenós e gemas, que após a brotação é capaz de emitir perfilho durante o seu desenvolvimento vegetativo (JADOSKI et al. 2010).

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com mais de 7 milhões de hectares plantados, produzindo mais de 480 milhões de toneladas (EMBRAPA,2022). Atualmente, a região sudeste é a maior produtora do país, sendo responsável por 63% da produção nacional com produtividade alcançando 74.571 kg ha⁻¹ (CONAB,2022). A região Nordeste contribui com 53,9 milhões de toneladas. Pernambuco (14,2 milhões de toneladas) e Alagoas (18 milhões de toneladas) se destacam como maiores estados produtores da região (IBGE, 2022).

Com o processamento da cana-de-açúcar, diversos subprodutos são produzidos. São exemplos desses subprodutos o açúcar e o etanol que na safra 2022/2023 segundo a Conab (2022) terão 36.372,6 mil t⁻¹ e 26.596.079,7 mil t⁻¹ respectivamente, da produção total de cana-de-açúcar destinadas às suas produções.

2.2 Adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar precisa de diversos nutrientes para crescer e se manter saudável. Além da água e da luz solar, as mesmas, precisam extrair do solo nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento. Esses grupos de nutrientes se dividem em macronutrientes e micronutrientes.

O nitrogênio (N) é um macronutriente primário, sendo o segundo nutriente mais requerido pela cana-de-açúcar (WOOD,1990). O N é componente estrutural da clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos e pode ser absorvido pelas plantas nas formas nítrica (NO₃⁻), amídica (NH₃) e amoniacal (NH₄⁺).

As principais vias de fornecimento de N as plantas são através do fornecimento de matéria orgânica, a fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizada por microrganismos diazotróficos, e aplicação de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 1997; MERCANTE et al., 1999; PELEGRIN et al., 2009). O N fertilizante é a forma mais utilizada para fornecer o

nitrogênio requerido pela cultura da cana-de-açúcar, garantindo assim a produtividade adequada dos canaviais, principalmente em solos com baixa disponibilidade de matéria orgânica (ZHAO et al., 2014; MARIANO et al., 2017; ZHANG et al., 2018). Entretanto, seu elevado custo e a dinâmica do N no solo (ZHENG et al., 2019; WANG et al., 2019), ocasiona baixa eficiência em sua utilização, por conta das diversas formas de perda (OTTO et al., 2016). As perdas médias do N-fertilizante nos canaviais brasileiros são pelos processos de volatilização, desnitrificação e lixiviação nos respectivos percentuais 19%, 1,8% e 5,6% (OTTO et al., 2016).

Empregar técnicas para compensar as perdas, como a adubação com doses maiores de fertilizante ao solo e o parcelamento de doses não se mostraram eficientes em reduzir as perdas e aumentar a recuperação de N-fertilizante pelas plantas (CHEN et al., 2019; ZHAO; LI; JAING, 2019; SILVA, 2019; JESUS,2023).

A adubação nitrogenada via solo combinada com micronutrientes, como o Níquel (Ni) e Molibdênio (Mo), que participam do metabolismo do nitrogênio na planta (SANTOS et al., 2019), bem como a combinação com a adubação foliar tem mostrado resultados positivos (ANDRADE, 2021).

Essas técnicas melhoram o estado nutricional da cultura e possibilitam a redução das doses de fertilizante nitrogenado (MELLIS et al., 2016; SANTOS et al., 2018; ANDRADE, 2021), o que contribui para o aumento do balanço energético da cana-de-açúcar (TRIVELIN et al., 2002; OTTO et al., 2016; BORDONAL et al., 2018).

2.3 Adubação foliar nitrogenada

A adubação foliar vem se intensificando nos últimos anos, como alternativa nutricional, em várias culturas de importância econômica (MOCELLIN,2004). É uma forma de suplementar a adubação feita via solo (VEDOVATO; FINAMORE, 2016), de modo que apresente maior eficiência no uso do N-fertilizante, podendo ser utilizada estrategicamente para corrigir as deficiências nutricionais em diferentes estádios fenológicos da cultura (FAGERIA et al., 2009; TRIVELIN et al., 1988).

Adubação foliar é o processo de aplicação de nutrientes na folha vegetal, através da pulverização de soluções contendo nutrientes (MOCELLIN, 2004). Para a aplicação ser efetiva ela passa pelo processo de absorção foliar, penetração cuticular, absorção em meio celular por compartimentos metabolicamente ativos e, por fim, a translocação e utilização do nutriente pelo restante da planta (GIBERT et al., 2005). A solução aplicada, pode ser absorvida pelos estômatos, tricomas e principalmente pela via cuticular (FERNÁNDEZ et al., 2017).

Para que os solutos (fertilizantes) penetrem na folha e fiquem disponível nos sítios

metabólicos, características físico-químicas da solução nutritiva como pH, peso molecular ou concentração de ingredientes ativos e adjuvantes, bem como da interação da gota com a folha devem ser levadas em consideração (FERNÁNDEZ e EICHERT, 2013; BUENO et al., 2019). O tempo de absorção dos nutrientes varia de acordo com a natureza química dos íons aplicados. A cutícula, primeira barreira a ser penetrada pela solução, é formada por substâncias de cargas negativas, implicando em uma maior absorção de elementos catiônicos em relação aos aniônicos, que sofrem uma repulsão (PRADO, 2008).

Cada nutriente tem um tempo específico para ser absorvido pela planta. Malavolta (1980) mostrou o tempo necessário para absorção de 50% da solução total de alguns nutrientes. O N-uréia ($(\text{CO}-\text{NH}_2)_2$) demora entre 0,5 a 36h; o K^+ entre 1 a 4 dias; como exemplo de micronutriente, o Zn^{2+} de 1 a 2 dias e o molibdênio (MoO_4^{2-}) após 10 a 20 dias.

2.4 Adubação foliar com Níquel e Molibdênio

O níquel (Ni) é um elemento essencial para os vegetais, atuando na atividade de enzimas do metabolismo de nitrogênio e defesa vegetal (ESKEW et al., 1983; KOCHIAN, 1991; WELCH, 1995; HASINUR et al., 2005; FABIANO et al., 2015). Em condição de deficiência, os sintomas são expressos como clorose nas folhas mais jovens e necrose meristemática (BROWN et al., 1987; YOSSEF et al., 1998; BAI et al., 2006; WOOD et al., 2006). No metabolismo do N, o Ni atua como componente estrutural da enzima urease, no ciclo da ureia. A enzima é responsável pela hidrólise da ureia, que resulta na produção de amônia e dióxido de carbono. A amônia é protonada com um íon H^+ , e o íon amônio formado é assimilado pela glutamina sintetase (GS) no aminoácido glutamato (ESKEW et al., 1984; BROWN et al., 1987; SAKAMOTO E BRYANT.; 2001).

A importância do Ni no aumento da atividade da urease tem sido relatada em várias espécies como soja, feijão e cevada que foram cultivadas em baixa disponibilidade níquel, resultando no acúmulo de ureia no tecido foliar (ESKEW et al., 1983; BROWN et al., 1987). Em estudos mais recentes, a adição de Ni na solução de ureia foliar ou na solução nutritiva de plantas resulta em aumento da produção (ALIBAKHSHI; KHOSHGOFTARMANESH, 2015; BARCELOS et al., 2017; FREITAS et al., 2019). Em plantas de soja, a adição de Ni em solução foliar com alta concentração de ureia reduziu os danos foliares pelo acúmulo de ureia no tecido (KUTMAN; KUTMAN; CAKMAK, 2012), o que demonstra o potencial do micronutriente em aumentar a disponibilidade de N em plantas de alta demanda por N.

O Mo é requerido pela enzima nitrato redutase (NR), que atua na redução do nitrato do nitrato. O Mo é cofator da NR, reduzindo o nitrato a nitrito. Após essa etapa, o nitrito é reduzido

à amônio, que é então assimilada pela GS (LI-PING et al., 2007). O uso do Mo tem estimulado a produção de cana-de-açúcar nos solos brasileiros (MELLIS et al., 2016; SANTOS et al., 2018), o que demonstra o potencial de resposta à adubação com esse nutriente.

Para a assimilação de nitrato, é necessário que o Mo esteja disponível em quantidades adequadas (NIE et al., 2016). Em experimento utilizando solução nutritiva, foi observado que a atividade da NR foi elevada em cana-de-açúcar pelo aumento da concentração de Mo na solução (LI-PING et al., 2007).

Quando em baixa disponibilidade, o Mo pode reduzir a assimilação de nitrogênio e, através da redução da atividade RN, reduzindo a produção agrícola. A concentração de molibdênio na maioria dos solos é considerada baixa e sua disponibilidade é influenciada por propriedades químicas e mineralógicas (LÓPEZ et al., 2007).

Uma alternativa para aumentar a disponibilidade de Mo é a adubação foliar. A resposta de cultura como soja, feijão e girassol a adubação foliar com molibdênio já foi constatada (FABIANO; TIAGO, 2015). Entretanto em cana-de-açúcar ainda não foi estudado.

Diversos estudos avaliando a participação da adubação foliar de molibdênio em diferentes culturas, mostraram que o molibdênio tem efeito positivo na atividade da redutase do nitrato e redução das concentrações de nitrato e aumento das concentrações de amônio na planta. Em consonância, a atividade da enzima glutamina sintetase aumentou e os teores de nitrogênio total também foram elevados, sendo indicativo de aumento da assimilação de nitrogênio (STEINER e ZOZ, 2015; SKARPA; GHAFARIAN et al., 2013; KUNZOVÁ; ZUKALOVÁ, 2013).

Visto a importância do Ni e Mo no processo assimilatório de N pelas culturas e o potencial da adubação foliar em aumentar a disponibilidade de nutrientes na cultura da cana-de-açúcar. É importante o manejo desses nutrientes na adubação foliar com fontes de nitrogênio.

Na cana-de-açúcar a atividade da redutase do nitrato pode ser mais intensa nas folhas ou nas raízes (SANTOS et al., 2019). Na adubação foliar, a atividade da enzima na folha pode ser estimulada pelo aumento da disponibilidade de N-nitrato e de Mo, fornecidos pela solução de aplicação.

A combinação de Ni e Mo pode otimizar a nutrição da planta com nitrogênio, utilizando diferentes fontes de N. Como os micronutrientes interagem na presença de diferentes fontes de N, e como atuam sobre a atividade da urease e redutase do nitrato ainda é pouco compreendida (MORAES et al., 2009). O estudo da combinação de diferentes fontes de N, Ni e Mo pode elucidar os mecanismos que são estimulados pelos micronutrientes, e a seleção das outras fontes de N para adubação foliar.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da adubação foliar com níquel, molibdênio e nitrogênio no crescimento e assimilação de N em cana planta.

3.2 Objetivo específico

3.2.1. Avaliar o crescimento da parte aérea da cana planta com adubação foliar N,Ni, Mo;

3.2.2 Avaliar a atividade das enzimas nitrato redutase e urease na folha da cana-de-açúcar;

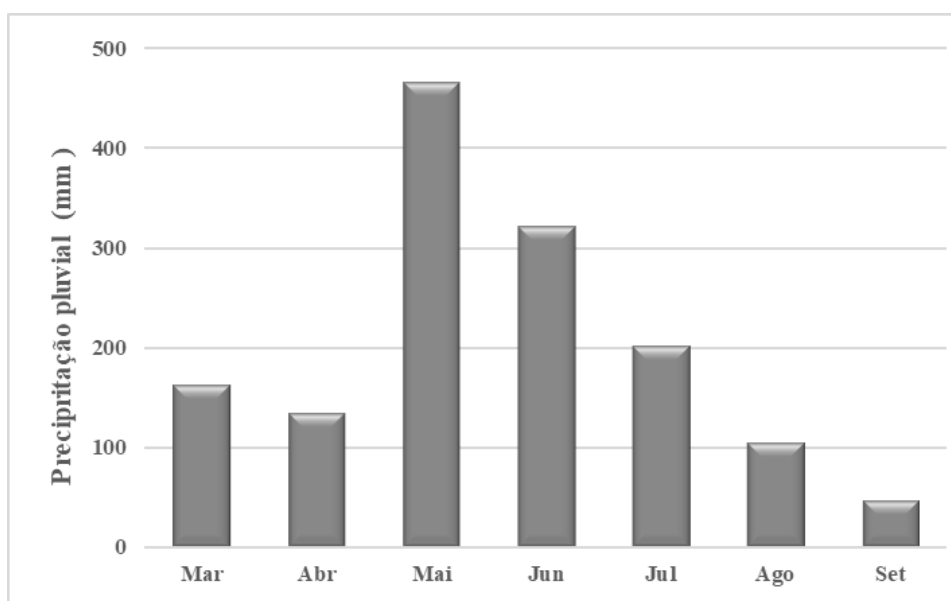
3.2.3. Identificar os teores foliares com a adubação foliar contendo N, Ni e Mo;

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área e delineamento experimental

O experimento foi realizado no ciclo de cana planta, entre os meses de março e setembro de 2022, com a variedade de cana-de-açúcar RB867515. As plantas foram cultivadas em lisímetros de 0,5m³ preenchidos com solo coletado da camada de 0-60 cm de um Espodossolo Humilúvico Órtico Dúrico, localizado em área comercial de produção de cana-de-açúcar. A área experimental está localizada no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Recife (6° 49 '58,8" S e 34° 57' 24"W). De acordo com a classificação de Koppen, o clima predominante na região é o Am; caracterizado por apresentar temperatura e precipitação média de 25,8° C e 1.839,4 mm (IMET, 2022) (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluvial do período de realização do experimento.



Utilizou-se o delineamento de blocos causalizados, com 4 tratamentos e 3 repetições, totalizando 12 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram na aplicação foliar de N, Ni, Mo e o tratamento controle, com aplicação de água+dispersante. O tratamento T1 (N-solo+água+dispersante); T2 (N-solo+N-foliar); T3 (N-solo+Ni+Mo); T4 (N-solo+N+Ni+Mo). As doses de N- solo, N-foliar, Ni e Mo, foram 60 kg ha⁻¹, 5 kg ha⁻¹, 6 g ha⁻¹ e 50 g ha⁻¹, respectivamente. A dose de N-foliar foi baseada em estudo realizado por Andrade (2021) e as doses de Ni e Mo baseadas em doses de produtos comerciais. A fonte de nitrogênio continha as formas de N-ureia, N-NH₄⁺, e NO₃⁻, nas proporções de 22,5%, 6,6% e 13,9%, respectivamente. Como fonte de níquel foi utilizado o sulfato de níquel e como fonte de molibdênio o molibdato de sódio.

4.2 Condução experimental

A variedade de cana-de-açúcar RB867515 foi cultivada utilizando uma densidade de dez gemas por metro linear, em lisímetro de polietileno (0,5 m³) preenchidos com 0,49 m³ de solo coletado da camada de 0 a 60 cm de um Espodossolo Humilúvico Órtico Dúrico, historicamente cultivado com cana-de-açúcar, coletado no estado da Paraíba.

O solo foi caracterizado quanto aos atributos físicos e químicos (EMBRAPA, 2011.) (Tabela 1). Foi coletado uma amostra simples de solo de cada um dos vasos, utilizando trado tipo holandês na camada de 0-20 cm, para formar uma amostra composta da área experimental.

Em seguida foi realizada a correção do pH do solo 30 dias antes do plantio com 312,5 g vaso⁻¹ de calcário dolomítico. A dose foi determinada pelo método de elevação dos teores de Ca+Mg, tomando como base 3 cmolc dm⁻³ como nível crítico de Ca+Mg para a cultura da cana-de-açúcar (CAVALCANTI et al., 2012). Na adubação de solo, foram utilizados como fontes de macronutrientes o sulfato de amônio, fosfato monoamônico (MAP), cloreto de potássio. Os micronutrientes foram fornecidos com fontes à base de sulfato (Mn, Zn, Cu) e ácido bórico, usando os produtos comerciais Cana Nordeste© e Boro MEA©.

As doses aplicadas equivalentes a 60 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de K₂O, 5 kg ha⁻¹ de Mn, 3 kg ha⁻¹ de Zn, 0,1 kg ha⁻¹ de Cu e 1 kg ha⁻¹ de B, sendo fornecido 30%, 100% e 30% da dose N, P,K e 50% da dose dos micronutrientes no fundo de sulco e após 60 dias o restante da dose em cobertura. Os cálculos de adubação foram baseados em estudos para alcançar produtividades superior/igual a 100 ton ha⁻¹ de colmos (SIMÕES-NETO ET AL., 2015; ROCHA, 2019; E BENETT ET AL.,2011; MARANGONI ET AL., 2019.).

A aplicação foliar foi iniciada às 5:30 horas e finalizada às 06:53 horas, aos 158 dias

após o plantio. As plantas apresentavam bom desenvolvimento vegetativo com o dossel apresentando densidade de folhas necessária à aplicação foliar. A temperatura e umidade do ar foram monitoradas utilizando termo-higrômetro digital. No início da aplicação a temperatura era de 21,3 °C e a umidade do ar de 89%, ao final da aplicação a temperatura era de 23,6°C e a umidade era de 88%.

A pulverização das soluções foi realizada com auxílio de pulverizador manual, sobre a superfície adaxial e abaxial das folhas mais jovens totalmente expandidas, folha +1, +2 e +3 (sistema de ordenamento Kuijper), aplicando 10,4 ml da solução por folha.

As soluções foliares foram preparadas mantendo um volume de calda de 50 L com concentrações de N, Ni e Mo, de 9,6%, 0,054% e 0,253%, respectivamente. As doses de N foram definidas com base na quantidade normalmente utilizadas nas aplicações em áreas comerciais de cana-de-açúcar; quanto ao Mo foi considerado a extração da planta com base no trabalho de Oliveira (2010); e a dose de Ni foi selecionada com base em experimento conduzido em trabalho do Grupo em Adubação, Nutrição e fertilidade do solo - GNAF, com cana-de-açúcar.

Tabela 1. Caracterização física e química do solo utilizado nos lisímetros para cultivo da cana-de-açúcar.

	Profundidade (0-0,20 m)
<i>Químicos</i>	
pH _{H2O}	5,7
P (mg/dm ³)	5
K (Cmol _c /dm ³)	0,03
Ca (Cmol _c /dm ³)	1,45
Mg (Cmol _c /dm ³)	0,85
Na (Cmol _c /dm ³)	0,02
Al (Cmol _c /dm ³)	0,05
H (Cmol _c /dm ³)	2,75
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,35
CTC _{efetiva} (cmol _c dm ⁻³)	2,4
CTC _{potencial} (cmol _c dm ⁻³)	5,15
V (%)	46
m (%)	2
PST (%)	0,388
<i>Físicos</i>	
Areia (g/kg ⁻¹)	970,60
Silte (g/kg ⁻¹)	22,60
Argila(g/kg ⁻¹)	1,20

Ds (g/cm ³)	1,32
Dp (g/cm ³)	2,92
Porosidade total (%)	32,58
Macro porosidade (%)	26,51
Micro porosidade (%)	5,06

SB; Soma de Bases, V (%); saturação por base, m (%); saturação por alumínio, Ds; densidade do solo, Dp; densidade de partícula;

4.3 Coleta e análise de dados

4.3.1 Coleta de folha

A coleta de folhas foram realizadas em dois tempos, 3 e 11 dias após aplicação foliar. A folha +1 foi coletada para realizar análises enzimáticas de ARN e Urease e de teores nutricionais de N (NO₃⁻, NH₄⁺), Ni e Mo. Após a coleta, a folha +1 foi lavada com água destilada e seca com papel toalha para eliminar qualquer resíduo de fertilizante ou sujeira do ambiente. A base e o topo da folha foram desprezados, restando o terço médio. $\frac{2}{3}$ do terço médio foi destinado às análises enzimáticas e $\frac{1}{3}$ para a análise nutricional. As amostras para análise nutricional foram secas em estufa até adquirir peso constante. Em seguida, foram processadas, em moinho de facas e posteriormente em moinho de bolas até a obtenção de um pó fino.

As amostras para análises enzimáticas foram subdivididas em duas partes e envolvida no papel alumínio. Uma parte foi destinada para análise da enzima urease, que foi acondicionada em nitrogênio líquido e posteriormente armazenada em ultrafreezer (-80°C). A segunda parte, foi acondicionada em caixa de isopor contendo gelo e imediatamente encaminhada para a determinação da atividade da redutase do nitrato (ARN).

4.3.2 Análises da enzima nitrato redutase

A atividade da redutase do nitrato foi analisada segundo Santos et al (2020), aos 3 e 11 DAAF. A análise foi realizada imediatamente após a coleta com o material fresco. Na fase de extração, 0,5 g de matéria fresca foi colocada em um recipiente preto para não permitir a passagem da luz. Foi adicionado aos potes os reagentes de extração KNO₃, tampão fosfato, Tween e 4 mL de água deionizada. Em seguida, os potes foram tampados completamente e levados a uma estufa de circulação de ar a 32°C, permanecendo pelo tempo de incubação de 90 minutos.

Após o tempo de incubação, o extrato foi separado do tecido vegetal, retirada uma alíquota de 0,5 mL, e transferida para um copo descartável de 50 mL. A essa alíquota foram

adicionados os reagentes de determinação, a sulfanilamida, o dicloridrato de N-(1-naftil) etilenodiamina e água deionizada. A mistura foi homogeneizada e o tempo de reação de 20 minutos foi cronometrado. Após o tempo de reação foi realizada a leitura das amostras em espectrofotômetro a 540 nm com a curva padrão.

4.3.3 Análise da enzima urease

A atividade da enzima urease foi determinada segundo o método de HOGAN et al., (1983) e McCULLOUGH (1967), aos 3 e 11 DAPF. As amostras conservadas no ultrafreezer foram transferidas para um isopor com gelo para conservar a baixa temperatura das amostras, evitando que a atividade da enzima fosse acionada.

Foram retiradas 0,2g de cada amostra que posteriormente, foram reservadas em tubos falcon com 8 ml de tampão fosfato com ureia (pH 7,4). As amostras permaneceram nesta solução por 3 horas, no banho-maria, a 30°C. Uma alíquota de 0,5 ml do extrato obtido foi retirada e transferido para outro tubo falcon, que foi adicionado 2,5 ml de uma solução contendo 10 g de fenol 0,1 M e 50 mg de nitroprussiato de sódio; e 2,5 ml de outra solução composta por 5 g de NaOH 0,125 M, 53,7 g de NaHPO₄ 0,15M e 40 ml de NaOCl (3% Cl₂). A amostra retornou ao banho-maria a 37°C por 35 min. Ao atingir temperatura ambiente, foi realizado a leitura em espectrofotômetro a 625nm de absorbância.

4.3.4 Análise nutricional

As amostras de folha +1 coletas com 3 e 11 DAPF, foram secas em estufa de circulação de ar forçado a 65°C e moídas até obter um pó fino. Posteriormente, foram submetidas a uma digestão nitroperclórica para determinação dos teores de Ni e Mo e a folha +1 coletada no final do ciclo foi destinada a determinação do N (nitrato e amônio) (TEDESCO et al., 1995; TEIXEIRA, 2017;).

4.3.5 Análises biométricas e biomassa

As avaliações de biometria e biomassa foram realizadas 15 e 44 dias após aplicação foliar (DAAF). Com auxílios de uma fita métrica e de um paquímetro, em duas plantas, foram mensurados os comprimentos e diâmetros dos entrenós das folhas +1, +2, +3 aos 15 e 44 DAAF, altura da base até a inserção da folha +1 e o diâmetro do colmo aos 44 DAAF. Aos 202 dias após o plantio, as plantas por parcela foram compartimentadas em: colmo, folha seca, folha verde e ponteiro, levadas a estufa de circulação de ar forçado com temperatura a 65°C. Ao atingir peso constante seus respectivos compartimentos foram pesados.

4.4 Análise estatística

Os dados coletados foram analisados quanto aos critérios de normalidade e homocedasticidade, e quando necessário, foram transformados para ajustar a estes critérios de análise. Os dados normais e homocedásticos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

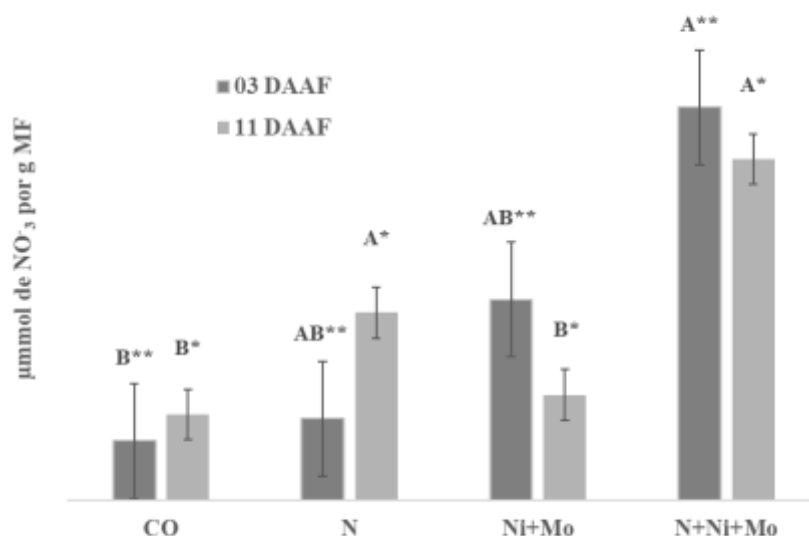
5.1 Atividade da enzima nitrato redutase

Os dados de atividade da enzima nitrato redutase (ARN) foram transformados usando a expressão $\log(x+1)$ para obedecer o critério de normalidade e homocedase. No primeiro tempo de análise (3 DAAF), a adubação foliar aumentou a ARN, os tratamentos apenas com N e Ni + Mo estimularam a ARN, entretanto, a junção do N, Ni e Mo obteve um efeito sinérgico, estimulando ainda mais a atividade da ARN (Figura 2). É provável que isso tenha ocorrido devido a presença do nitrato no tecido foliar, que é substrato da enzima redutase de nitrato (RN), e também a presença do molibdênio que é cofator dessa enzima.

Após 11 DAAF os tratamentos que receberam adubação foliar continuam apresentando maior atividade da enzima RN. Os tratamentos com Ni e Mo tiveram uma pequena redução na atividade da enzima. Essa redução pode indicar maior assimilação do N, visto que nas folhas a concentração do substrato da enzima, o NO_3^- , é menor, conseqüentemente, a atividade enzimática será menor (Figura 2).

Figura 2. Atividade da enzima nitrato redutase na folha de cana-de-açúcar variedade RB867515, com 3 e 11 DAAF com N, Ni e Mo. (Comparação estatística entre os tratamentos em cada tempo de avaliação).

ATIVIDADE DA NITRATO REDUTASE



Steiner (2015) avaliando a aplicação foliar de molibdênio na melhoria da absorção de nitrogênio e produção de girassol, constatou que as concentrações de nitrato nas folhas de girassol diminuíram com o aumento das doses de molibdênio aplicados via folha. Enquanto, relatou que na ausência de molibdênio, o feijoeiro acumula nitrato, sendo indicativo de baixa assimilação.

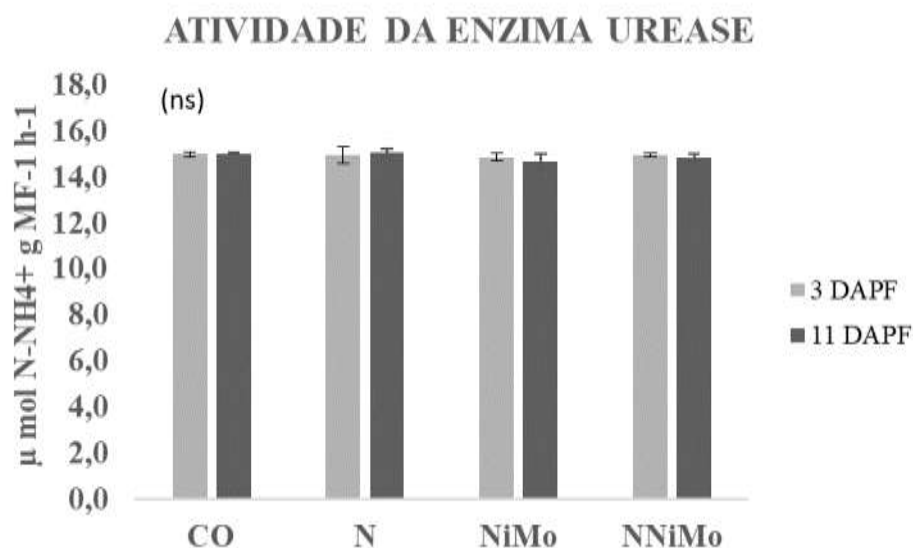
Quanto ao níquel, não possui efeito direto na ARN, entretando, existem estudos que comprovam o aumento da ARN em plantas que receberam a aplicação desse micronutriente.

Brown et al. (1990) relataram que a deficiência de Ni resulta em acúmulos excessivos de nitrato na cevada e sugeriram que a nutrição com Ni inibe o acúmulo de nitrato e amônio nos tecidos vegetais, melhorando o metabolismo do nitrogênio e a síntese de proteínas. Matraszek (2008) relataram aumento da atividade da redutase de nitrato e redução do acúmulo de nitrato em raízes de alface cultivada hidroponicamente pela nutrição com Ni.

5.2 Atividade da enzima urease

Nos dois tempos de avaliações a atividade da enzima não foi influenciada pela aplicação de N, Ni e Mo (Figura 3).

Figura 3: Atividade da enzima urease na folha +1 da cana-de-açúcar variedade RB867515 com 3 e 11 DAAF com N, Ni e Mo.



O níquel é um cofator enzimático da urease e atua na conversão de ureia em amônio e dióxido de carbono. Sua disponibilidade tende a estimular a atividade desta enzima, resultado constatado por Zampazzo (2022), que relatou o aumento da atividade da enzima urease com a adubação via solo com níquel nas doses de 3 e 9 mg kg⁻¹ para a variedade RB867515. O resultado pode ter sido diferente devido a dose de níquel aplicada ter sido baixa e a quantidade do micronutriente disponível na folha ser inferior a necessária para uma estimulação da enzima.

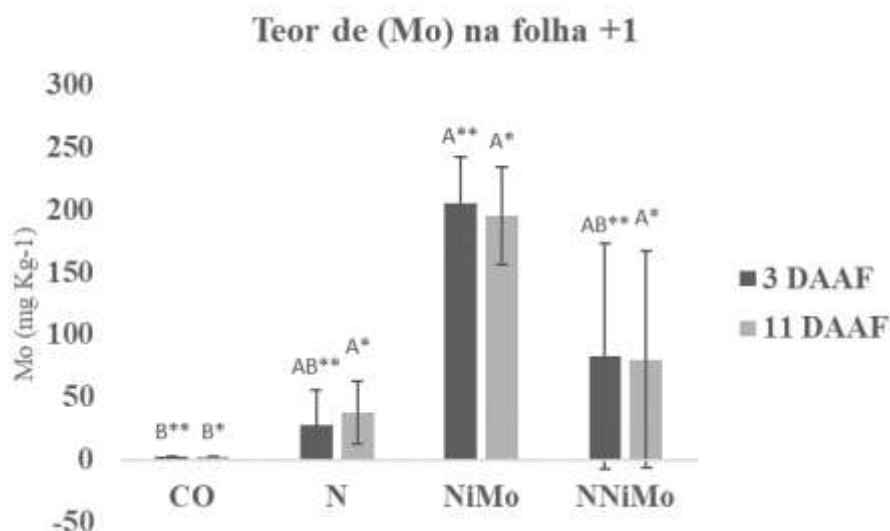
O fertilizante nitrogenado aplicado possuía 22,5% de NH₂ e está forma de N, possui uma maior capacidade de penetração na folha por conta das propriedades físico-químicas e tamanho do íons de N. A ureia que é uma molécula menor, apolar, solúvel em água e consegue penetrar a cutícula pela via lipofílica e através de poros, resultando em uma absorção mais rápida, de modo que 80% da ureia aplicada é absorvida pela cultura nas primeiras 48 horas (TRIVELLIN, 2000), comportamento diferente das demais formas de nitrogênio. Com uma grande disponibilidade do N-NH₂ no tecido foliar e atividade da enzima urease ser considerada baixa, era necessária uma maior incrementação na adubação de Ni para a planta ter uma maior absorção e estimulação da enzima.

5.3 Teores nutricionais

Os teores nutricionais de Ni e Mo apresentaram diferença entre os tratamentos e os tempos avaliados (Figura 4). O micronutriente Mo é um cofator da Redutase do Nitrato e sua maior concentração no tecido foliar estimula a enzima. Com a análise da ARN (Figura 2), observamos que os tratamentos que receberam a aplicação foliar com micros apresentaram uma maior atividade. Ao analisar o teor do Mo, no mesmo tempo de avaliação da enzima, nota-se

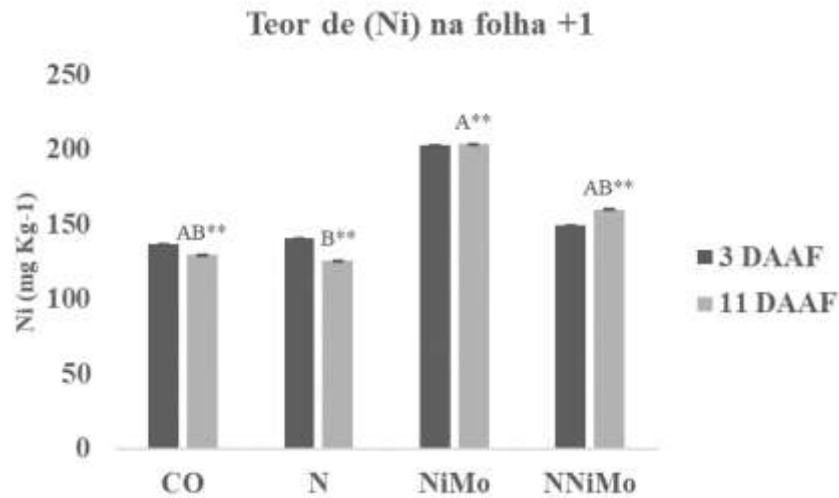
um comportamento semelhante. As folhas que receberam a aplicação apresentam uma maior concentração do nutriente e ao longo do tempo a uma redução (figura 4), comportamento apresentado pela RN. A media que a disponibilidade do micronutriente reduz a ARN também mostra assim o efeito da estimulação na enzima.

Figura 4. Teor de Molibdênio na folha +1 na variedade de cana-de-açúcar RB897515 após 3 e 11 DAAF com N,Ni e Mo.



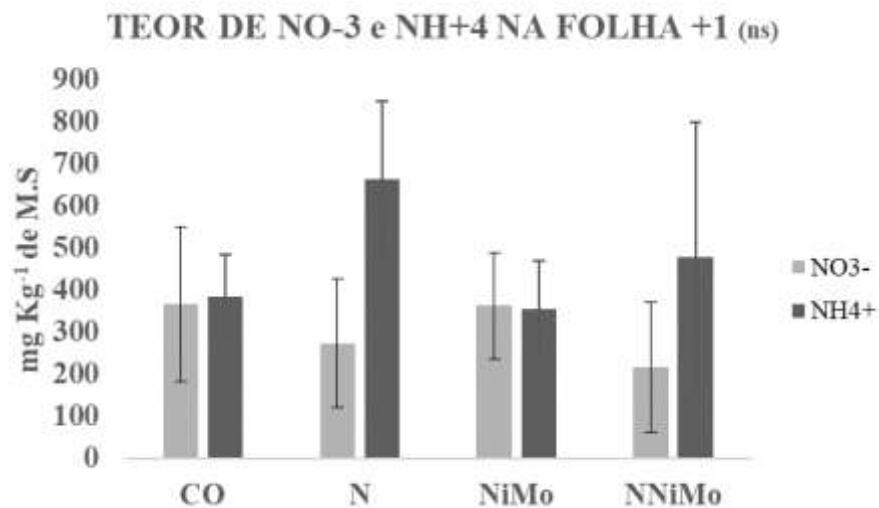
A estimulação do Ni sobre a urease não foi observada podendo o resultado está relacionada com o baixo incremento no teor foliar das plantas. Ao analisar o Ni na folha da cana-de-açúcar com 3 dias após aplicação foliar (DAPF) e 11 DAPF (figura 5), no primeiro tempo os tratamentos não diferem e no segundo o tratamento com N foliar apresentada um teor um pouco menor. De modo geral, os tratamentos apresentaram um teor semelhante de Ni e abaixo do necessário para estimular a atividade da urease.

Figura 5: Teor de Níquel aos 3 e 11 DAPF na folha +1 de cana-de-açúcar variedade RB 867515.(Comparação estatística entre os tratamentos em cada tempo de avaliação).



Ao final do tempo de cultivo, foram analisados a forma de nitrogênio (NO_3^- e NH_4^+) presente no tecido foliar (figura 6). Estatisticamente os tratamentos não diferem, entretanto, apresentam uma média maior para a concentração de amônio NH_4^+ em relação ao Nitrato NO_3^- . Este resultado pode está associado a atividade das enzimas. Como a RN teve uma maior atividade e a mesma atua reduzindo o NO_3^- na via metabólica do nitrogênio, a concentração desta forma de N se encontra em menor concentração na folha, em contrapartida a baixa atividade da urease proporcionou uma maior concentração de NH_4^+ .

Figura 6. Teor de NO_3^- e NH_4^+ na folha +1 da cana-de-açúcar variedade RB867515 analisado aos 202 DAP



5.4 Biometria e produção de biomassa

Nos parâmetros biométricos, comprimento e diâmetros dos entrenós, aos 15 DAAF foram observadas diferenças a ($p \leq 0,05$) nos comprimentos de entrenó da folhas +3 e aos 44 DAAF nos comprimentos e diâmetros das folhas +1 e +2 (Tabela 2).

Tabela 2: Comprimento e diâmetro dos entrenós das folhas +1, +2 e +3 da variedade de cana-de-açúcar RB867515 com 15 e 44 dias após aplicação foliar.

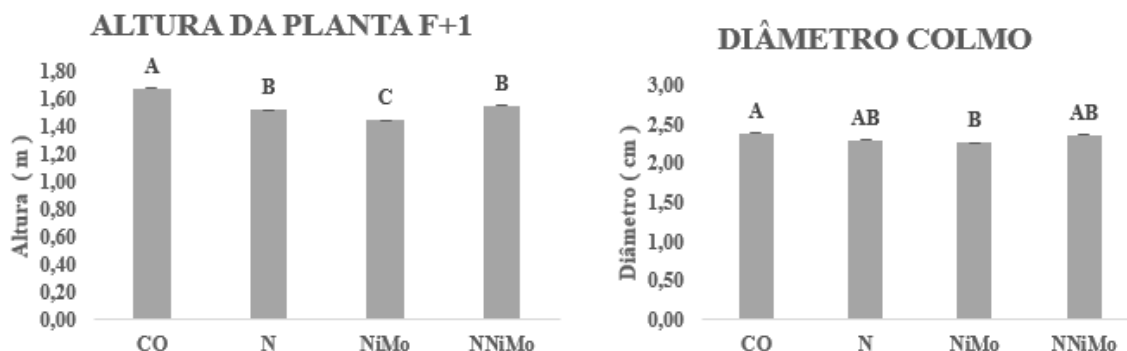
Tratamentos	15 DAAF			44 DAAF		
	Folha +1(ns)	Folha +2(ns)	Folha +3	Folha +1	Folha +2	Folha +3(ns)
	cm ⁻¹			cm ⁻¹		
	Comp.	Comp.	Comp.	Comp.	Comp.	Comp.
CO	7,3	8,2	6,9*	6,7*	7,9*	8,6
N	6,2	7,9	6,1*	6,5*	7,7*	8,3
NiMo	5,5	7,5	8,6*	6,5*	7,1*	8,4
NNiMo	6,5	6,1	8,7*	5,4*	7,3*	8,5

Tratamentos	15 DAAF			44 DAAF		
	Folha +1(ns)	Folha +2(ns)	Folha +3(ns)	Folha +1	Folha +2	Folha +3(ns)
	cm ⁻¹			cm ⁻¹		
	Diam.	Diam.	Diam.	Diam.	Diam.	Diam.
CO	1,6	1,9	2,0	2,7*	2,5*	2,5
N	1,6	2,1	2,2	2,4*	2,4*	2,4
NiMo	1,5	1,7	1,9	2,5*	2,4*	2,4
NNiMo	1,5	1,7	1,9	2,2*	2,1*	2,1

Diam.: diâmetro do terço médio do entrenó. Comp.: comprimento do entrenó. Significância do teste de Tukey: ^{ns} não significativo; significativo a *5%.

No primeiro tempo de análise, 15 DAAF, não foram observados influência dos tratamentos nos diâmetros dos entrenós, porém, no comprimento do entrenó da folha +3 as plantas que receberam aplicação foliar tiveram as maiores médias, com entrenós de 8,7cm, um ganho de 26% comparado ao controle, com exceção do tratamento com N-foliar que não apresentou ganho. Aos 44 DAAF na F+1 e F+2 foram observadas diferenças no diâmetro do entrenó, mas o tratamento controle obteve melhores resultados. No comprimento foi observado um travamento no crescimento. Isso pode ter sido devido a fitotoxidez gerada com a aplicação foliar. A queima das folhas reduziu a área foliar/fotossintética da planta prejudicando a metabolização dos nutrientes e seu desenvolvimento em altura e espessura (Figura 7). Magalhães (1964) relatou que a eliminação de 25, 50 e 75% da área foliar do cafeeiro resultou em retardamento no desenvolvimento das folhas de 32,6, 42,7 e 54,0%, e reduções de 6,4, 44,6 e 54,1%, respectivamente, nos incrementos diários de peso seco das plantas.

Figura 7: Altura média das plantas até a folha +1 e diâmetro médio do colmo da variedade de cana-de-açúcar RB867515 aos 202 dias após o plantio.



O estresse causado pelas chuvas, a queima das folhas e o curto tempo entre as avaliações, possivelmente, influenciaram no crescimento e desenvolvimentos das plantas. De forma que as plantas não tiveram tempo suficiente para que novos fotossimilados produzissem novas folhas e essas novas folhas promovessem ganhos e resposta em biomassa total (Figura 8). Entretanto, observando os compartimentos das plantas, o tratamento NNiMo teve uma redução no número de folhas secas e elevados índice de folha verde e ponteiro, indicativo que a planta estava crescendo e iniciando uma resposta ao tratamento (Figura 9).

Figura 8: Biomassa total da variedade de cana-de-açúcar RB867515 aos 202 DAP.

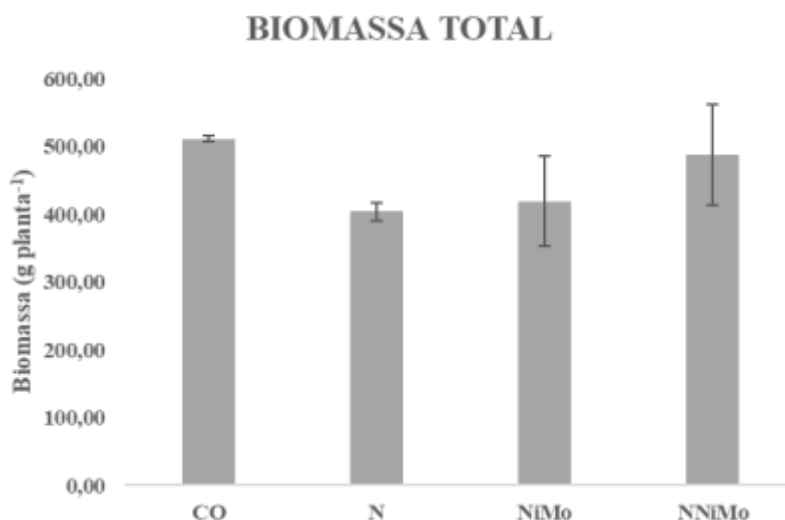
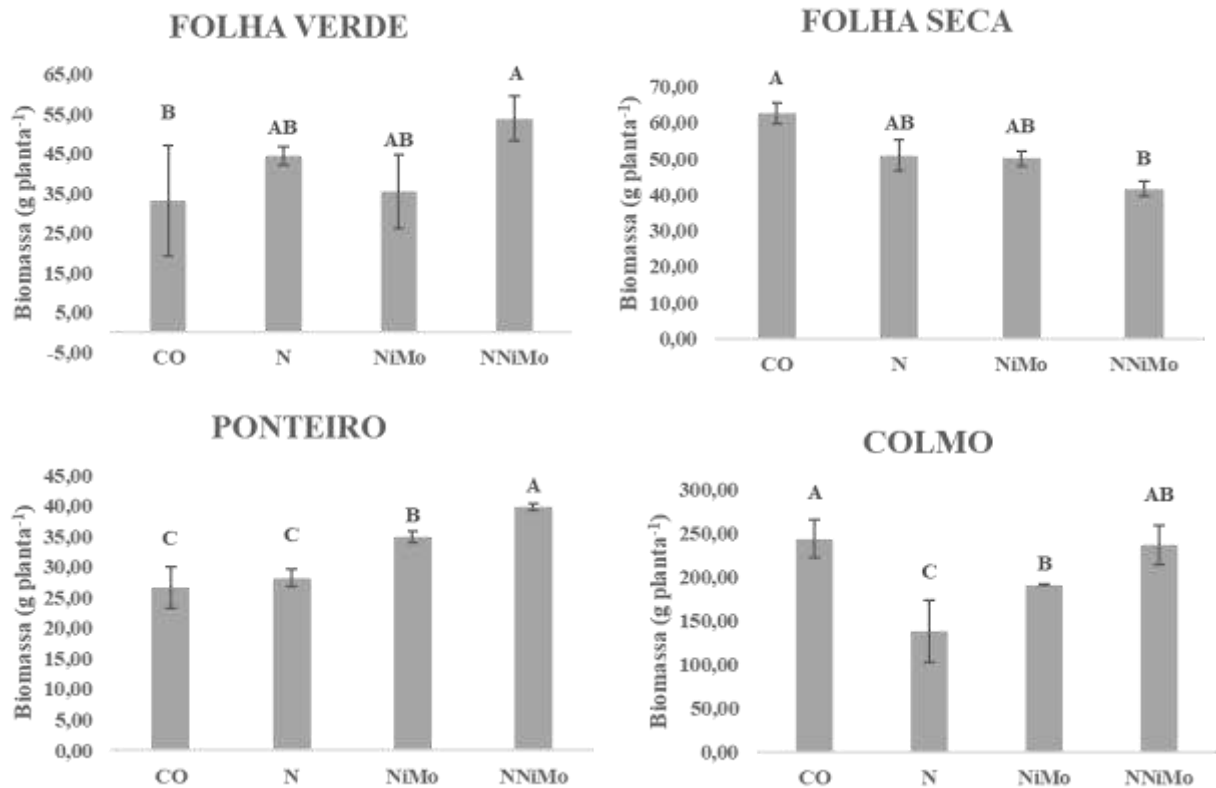


Figura 9: Biomassa por compartimento da variedade de cana-de-açúcar RB867515 aos 202 DAP.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação foliar de Ni e Mo aumentou seus teores no tecido foliar e a associado do N, Ni e Mo aumentou a atividade da enzima RN. O incremento de Ni no tecido foliar foi baixo para estimular a enzima urease e com uma maior atividade da RN a assimilação de N nítrico foi maior. As plantas com tratamento foliar, em seus parâmetros morfo-fisiológicos, mostraram maior número de folhas verdes e melhor desenvolvimento do ponteiro, com redução no número de folhas secas, necessitando de um maior tempo de avaliação para espessar colmos definidos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. J. Eficiência da adubação nitrogenada foliar na cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, Recife, 2021.

BAI, Cheng; REILLY, Charles C.; WOOD, Bruce W. Nickel Deficiency Disrupts Metabolism of Ureides, Amino Acids, and Organic Acids of Young Pecan Foliage. *Plant Physiology*, v. 140, n. 2, p. 433-443, 13 jan. 2006. <https://doi.org/10.1104/pp.105.072983>.

BUENO, A.; ALFRHAN, A.; ARAND, K.; BURGHARDT, M.; DEINIGER, A. C.; HEDRICH, R.; LEIDE, J.; SEUFERT, P.; STAIGER, S.; REIDERER, M. Effects of temperature on the cuticular transpiration barrier of two desert plants with water-spender and water-saver

strategies, *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 70, n. 5, p. 1613-1625, 2019. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz018>

BROWN, Patrick H.; WELCH, Ross M.; CARY, Earle E. Nickel: A Micronutrient Essential for Higher Plants. *Plant Physiology*, v. 85, n. 3, p. 801-803, 1 nov.1987. <https://doi.org/10.1104/pp.85.3.801>.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Cana-de-açúcar, Safra 2002/2003.. Disponível em: Conab - Buscar Acesso em: 12 março 2023.

CANTARELA, H.; DIAS, F. L. F.; Effect of Micronutrients Soil Supplementation on Sugarcane in Different Production Environments: Cane Plant Cycle. *Agronomy journal*, v. 108, p. 2060-2070. 2016. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0563>

ESKEW, D. L.; WELCH, R. M.; CARY, E. E. Nickel: An Essential Micronutrient for Legumes and Possibly All Higher Plants. *Science*, v. 222, n. 4624, p. 621-623, 11 nov. 1983. <https://doi.org/10.1126/science.222.4624.621>.

ESKEW, David L.; WELCH, Ross M.; NORVELL, Wendell A. Nickel in Higher Plants. *Plant Physiology*, v. 76, n. 3, p. 691-693, 1 nov.1984. <https://doi.org/10.1104/pp.76.3.691>.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; MOREIRA, A.; GUIMARÃES, C. M. Foliar Fertilization of crop plants. *Journal of plant nutrition*, Filadélfia, v.32, p.1044- 1064, 2009.

FERNÁNDEZ, V.; BROWN, P. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 4, 2013. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00289>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA .IBGE, 2022.

JADOSKI, C. J.; TOPPA, E. V. B.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Physiology development in the vegetative stage of sugarcane. *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia*, v. 3, n. 2, p. 177-185, 2010.

JESUS, J. M. Metabolismo do nitrogênio e crescimento da cana-de-açúcar com aplicação foliar de N, Ni e Mo. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, Recife, 2023.

KUTMAN, B. Y.; KUTMAN, U. B.; CAKMAK, I. Nickel-enriched seed and externally supplied nickel improve growth and alleviate foliar urea damage in soybean. *Plant and Soil*, v. 363, n. 1, p. 61-75, 2012.

MELLIS, E. V.; QUAGGIO, J. A.; BERACI, G. R. G.; TEIXEIRA, L. A. J.;

MOCELLIN, R. S. Princípios da adubação foliar. Coletânea de dados e revisão bibliográfica. Canoas/RS: Omega Fertilizantes, 83p, 2004.

MORAES, M. F. et al. Effects of Molybdenum, Nickel, and Nitrogen Sources on the Mineral Nutrition and Growth of Rice Plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 40, n. 21-22, p. 3238-3251, dez. 2009. <https://doi.org/10.1080/00103620903267590>.

OTTO, R.; CASTRO, S. A. Q.; MARIANO, E.; CASTRO, S. G. Q.; FRANCO, H. C. J. Nitrogen use efficiency for sugarcane-biofuel production: what is next? *Bioenergy Research*, Nova York, v. 9, p. 1272-1289. 2016. <http://doi.org/10.1007/s12155-016-9763-x>

PRADO, R. de M. *Nutrição de plantas*. 2ed. São Paulo: Editora Unesp, 2020, 414 p.

RESENDE, A.V. *Agricultura e qualidade da água: Contaminação da água por nitrato*. Documento técnico 57 Embrapa. Disponível em: *Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato*. (embrapa.br). Acesso em : 10 de abril de 2023.

SANTOS, R. L. dos; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, E. C. A. de; FREIRE, M. B. G. dos S.; WEST, J. B.; BARBOSA, J. de A.; MOURA, M. J. A. de; BEZERRA, P. da C. Nitrate reductase activity and nitrogen and biomass accumulation in sugarcane under molybdenum and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 43, p. 1-19, 2019. doi:10.1590/18069657rbcs20180171.

SANTOS, R. L. dos; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, E. C. A. de; BARBOSA, J. de A.; MOURA, M. J. A. de; LOPES, N. R. da C.; COSTA, L. G. de A. F. C.; GUEDES, V. H. de F.; OLIVEIRA, D. M. de A.; SANTOS, M. B. da C. Sampling of sugarcane leaves in field experiments to determine the activity of nitrate reductase. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 49, n. 1, p. 76-87, 2018. doi:10.1080/00103624.2017.1421648

SAKAMOTO, Toshio; BRYANT, Donald A. Requirement of Nickel as an Essential Micronutrient for the Utilization of Urea in the Marine Cyanobacterium *Synechococcus* sp. PCC 7002. *Microbes and Environments*, v. 16, n. 3, p. 177-184, 2001. <https://doi.org/10.1264/jsme2.2001.177>.

SILVA, A. M. S. *Eficiência do manejo da adubação nitrogenada na cana soca cultivada em solo arenoso da região do Nordeste do Brasil*. 2019. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

TRIVELIN, P. C. O.; CARVALHO, J. G.; SILVA, A. L.; PRIMAVESI, A. C. P. A.; CAMACHO, E.; EIMORI, I. E.; GUILHERME, M. R. Adubação foliar de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.): Absorção e translocação de ureia -15N. *Energia Nuclear na Agricultura*, Piracicaba, v. 9, n. 2, p. 52-65, 1988.

TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W.; GAVA, G. J. C.; SARRIÉS, G. A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, n. 3, p. 637-646, 2002. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832002000300008>

VEDOVATO, J.; FINAMORE, W. ADUBAÇÃO FOLIAR NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA. *A Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia*, v. 5, n. 8, 2016.

WOOD, R. A. The roles of nitrogen, phosphorus and Potassium in the production of sugarcane in South Africa. *Fertilizer Research*, v. 26, n. 1-3, p. 89-98, dez.1990. <https://doi.org/10.1007/bf01048746>.

ZHENG, H.; LUI, Z.; NIE, X.; ZUO, J. & WANG, L. Comparison of active nitrogen loss in four pathways on a sloped peanut field with red soil in china under conventional fertilization conditions. *Sustainability*, Basileia, v.11, p. 6219, 2019.<https://doi.org/10.3390/su11226219>

