

ALEXANDRE CAMPELO DE OLIVEIRA

**INTERAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA EM CANA-DE-
AÇÚCAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do solo)

RECIFE
PERNAMBUCO - BRASIL
2012

Ficha catalográfica

O48i Oliveira, Alexandre Campelo de
Interação da adubação nitrogenada e molíbdica em cana-
de-açúcar / Alexandre Campelo de Oliveira. -- Recife, 2012.
96 f. : il.

Orientador: Fernando José Freire.
Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Agronomia, Recife, 2012.
Referências.

1. Cana-de-açúcar 2. Nitrogênio 3. Molibdênio
4. Adubação I. Freire, Fernando José, orientador II. Título

CDD 631.4

ALEXANDRE CAMPELO DE OLIVEIRA

**INTERAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA EM CANA-DE-
AÇÚCAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do solo)

Orientador

Prof. Fernando José Freire, D.Sc.

Conselheiros

Prof. Mario de Andrade Lira Junior, Ph D.

Profa. Júlia Kuklinsky Sobral, D.Sc.

RECIFE
PERNAMBUCO - BRASIL
2012

ALEXANDRE CAMPELO DE OLIVEIRA

**INTERAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA EM CANA-DE-
AÇÚCAR**

Tese defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2012 pela banca
examinadora

ORIENTADOR

Dr. Fernando José Freire (DEPA/UFRPE)
(Orientador)

BANCA EXAMINADORA

Dr. Djalma Euzébio Simões Neto (EECAC/UFRPE)
(Examinador)

Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira (UAST/UFRPE)
(Examinador)

Dr. Fábio Cesar da Silva (EMBRAPA/CNPTIA)
(Examinador)

Dr. Newton Pereira Stamford (DEPA/UFRPE)
(Examinador)

Aos meus avôs Helio Sarmiento Campello e Clovis Barreto de Oliveira (in
memoriam)

Ofereço

A minha mãe Magaly Campelo, ao meu pai José Maria Oliveira as minhas
avós Euridice Pereira e Maria Auxiliadora Campelo e a minha irmã Juliana C.
Oliveira.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A toda minha família pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos.

A universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE e ao programa de Pós-graduação em Agronomia, Ciências do Solo pela oportunidade.

A CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsa e auxílio para a realização deste trabalho.

Ao professor Fernando José Freire, pela dedicada orientação, pelo respeito de um amigo, e pela confiança de um pai, e sobretudo por ser o principal incentivador para o início, meio e fim desta jornada.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Agronomia , Ciências do solo da UFRPE pelo profissionalismo e exemplo de dedicação, saudações a todos em nome de Maria Betânia Freire.

A José Fernando (Zeca), Djalma Simões, Alexandre Rocha, Emidio Oliveira, os quais tenho a honra de chamar de amigos, pelos valorosos conselhos e acima de tudo pela amizade.

A todos que fazem a estação experimental de cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), em especial a todos os técnicos do laboratório de solos, pelo apoio e companheirismo.

Aos, diretores, gerentes e técnicos da Usina Bom Jesus os quais saúdo em nome de Luiz Gonzaga, e da destilaria Japungu os quais saúdo em nome de Dante Hugo e Roberto Carlos, pela colaboração em todas as etapas do trabalho.

A Socorro, sempre alegre e disposta a ajudar.

A Marilucia Santos pela amizade e dedicação de uma irmã, a Sr. Rafel (fafinha) e a todos os estagiários e amigos que fizeram parte da “família”, Silas, Maercio, Vital, Clovis, Victor, Diogenes, Ricardo, Vinícios, Jaciane e Josias, pela dedicação, apoio e amizade, principalmente nos momentos mais difíceis.

A todos os colegas da Pós-graduação pelos bons momentos, amizade e companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho

OBRIGADO!

Sumário

Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas.....	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1.INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Aspectos gerais da cultura da cana-de-açúcar	17
2.2 O N e sua importância para a cana-de-açúcar	18
2.3 O Mo no solo e nas plantas.....	23
2.4 Interação Mo e N nas plantas.....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1. Definição dos Ensaios.....	33
3.2 Metodologias utilizadas para caracterização dos solos das áreas experimentais	33
3.3 Caracterização dos locais dos ensaios	34
3.4 Características químicas, físicas e mineralógicas dos solos.....	35
3.5 Caracterização pluvial.....	36
3.6 Avaliação de resultados	37
3.7 Planejamento estatístico dos dados	38
4.Resultados e discussão	39
4.1.1 Teores de Mo e N em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e molíbdica	39
4.1.2 Teor de Mo em função da adubação nitrogenada	46
4.1.3. Teor de Mo em função da adubação molíbdica.....	48
4.1.4. Teor de Mo em função da interação da adubação nitrogenada e molíbdica	53
4.1.5. Teor de N em função da adubação nitrogenada	54
4.1.6. Teor de N em função da adubação molíbdica.....	56
4.1.7. Teor de N em função da adubação nitrogenada e molíbdica	58
4.2.1 Conteúdo de N e Mo em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e molíbdica	60
4.2.2. Conteúdo de Mo em função da adubação nitrogenada.....	66
4.2.3. Conteúdo de Mo em função da adubação molíbdica	68
4.2.4. Conteúdo de N em função da adubação nitrogenada	71
4.2.5. Conteúdo de N em função da interação da adubação nitrogenada e molíbdica	73
3. Produtividade e parâmetros agroindústrias em função da adubação nitrogenada e molíbdica em cana planta.	75

3.1. Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada de plantio.....	75
3.2. Parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e molíbdica	81
3.3. Produtividade de cana-de-açúcar em função da interação da adubação nitrogenada e molíbdica	83
5. CONCLUSÕES.....	87
6.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	88

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pag.
Figura 1. Teor de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha e (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no solo do local PVAd ₂ .	48
Figura 2. Teor de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha e (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no solo do local PVAd ₁ .	48
Figura 3. Teor de molibdênio no componente folha, aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd ₁	49
Figura 4. Teor de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) Folha, (B) Colmo e (C) Ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PAdx.	50
Figura 5. Teor de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) Folha, (B) Colmo e (C) Ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd ₂ .	52
Figura 6. Teor de molibdênio em função da interação adubação nitrogenada e molíbdica no componente ponteiro da parte aérea da cana-de-açúcar no local PVAd ₂ .	53
Figura 7. Teor de nitrogênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) Colmo (B) e Ponteiro no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio aos 14 meses no PVAd ₁ .	55
Figura 8. Teor de nitrogênio no componente ponteiro da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PAdx.	55
Figura 9. Teor de nitrogênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no solo do PVAd ₂ .	56
Figura 10. Teor de nitrogênio no componente ponteiro da parte aérea da cana-de-açúcar no aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd ₁ .	58
Figura 11. Teor de nitrogênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) Colmo aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no solo do PVAd ₂ .	58
Figura 12. Teor de nitrogênio em função da interação adubação nitrogenada e molíbdica no componente ponteiro da parte aérea da cana-de-açúcar no PVAd ₂ .	59

Figura 13. Teor de nitrogênio em função da interação adubação nitrogenada e molíbdica no componente folha da parte aérea da cana-de-açúcar no PAdx.	60
Figura 14. Conteúdo de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PVAd ₁ .	68
Figura 15. Conteúdo de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PAdx.	68
Figura 16. Conteúdo de molibdênio no componente folha da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd ₁ .	70
Figura 17. Conteúdo de molibdênio no componente colmo da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PAdx.	70
Figura 18. Conteúdo de molibdênio pelos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) colmo, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd ₂ .	70
Figura 19. Conteúdo de nitrogênio no componente colmo da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PVAd ₁ .	72
Figura 20. Conteúdo de nitrogênio pelos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) colmo, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PAdx.	73
Figura 21. Conteúdo de nitrogênio pelos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) Colmo e (C) Ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PVAd ₂ .	73
Figura 22. Conteúdo de molibdênio em função da interação adubação nitrogenada e molíbdica no componente ponteiro da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta no PVAd ₂ .	74
Figura 23. Produtividade de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio nos solos (A) PVAd ₁ , (B) PAdx e (C) PVAd ₂ .	80
Figura 24. Rendimento de açúcar no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio nos solos (A) PVAd ₁ , (B) PAdx e (C) PVAd ₂ .	81
Figura 25. Produtividade de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio influenciada pela aplicação de molibdênio no PVAd ₁ .	85

Figura 26. Produtividade de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio influenciada pela aplicação de molibdênio no PAdx. 86

LISTA DE TABELAS

Tabela	Pag.
Tabela 1. Caracterização química dos solos das áreas experimentais nas profundidades de 0-0,30 e 0,30-0,60 m.	35
Tabela 2. Caracterização física dos solos das áreas experimentais na profundidade até 0,30 m.	35
Tabela 3. Minerais presentes na fração argila nos solos e quantidade de ferro amorfo e cristalino e sua relação nos solos das áreas experimentais.	36
Tabela 4. Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do experimento no ano de 2009.	37
Tabela 5. Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do experimento no ano de 2010.	37
Tabela 6. Irrigação realizada no ano de 2009 durante o a condução dos experimentos nos solos PAdx e PVAd ₂ .	37
Tabela 7. Precipitação total ocorrida durante a condução dos experiementos.nos anos de 2009 e 2010.	37
Tabela 8. Teor de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd ₁ , PE.	41
Tabela 9. Teor de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no local PAdx, PE.	44
Tabela 10. Teor de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no local PVAd ₂ , PB.	45
Tabela 11. Correlação linear simples entre características químicas e físicas dos solos nos locais de cultivo PVAd ₁ , PAdx e PVAd ₂ com os teores de molibdênio nos componentes da parte aérea de cana-de-açúcar.	46
Tabela 12. Conteúdo de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd ₁ , PE.	63

Tabela 13. Conteúdo de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PAdx, PE.	64
Tabela 14. Conteúdo de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd ₂ , PB.	65
Tabela 15. Correlação linear simples entre características químicas e físicas dos solos PVAd ₁ , PAdx e PVAd ₂ com os conteúdos de molibdênio nos componentes da parte aérea de cana-de-açúcar.	66
Tabela 16. Produção de cana-de-açúcar (TCH) e rendimento de açúcar (TPH) no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd ₁ , PE.	77
Tabela 17. Produção de cana-de-açúcar (TCH) e rendimento de açúcar (TPH) no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PAdx, PE.	78
Tabela 18. Produção de cana-de-açúcar (TCH) e rendimento de açúcar (TPH) no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd ₂ , PB.	79
Tabela 19. Valores médios de PCC, Sólidos Solúveis e ATR da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica nos três solos cultivados PVAd ₁ , PAdx e PVAd ₂ .	83

RESUMO

Os gastos com fertilizantes são consideráveis e têm grande participação no custo total na lavoura canavieira, sendo a adubação nitrogenada parte relevante no preço final, devido a seu custo variável, dependência do mercado externo e baixo aproveitamento do N-mineral. Considerando, também, que ainda existem dúvidas quanto à resposta da cana-planta à aplicação desse fertilizante, fica evidente a necessidade de pesquisas que melhor esclareçam o seu papel no desenvolvimento da cana-planta, bem como o desenvolvimento de práticas que potencializem a utilização do N. Como possível potencializador dos processos da utilização mais eficiente do N, a presença de teores adequados de Mo parece contribuir significativamente para que isto ocorra. O Mo participa da atividade da redutase do nitrato em plantas, e da nitrogenase em bactérias diazotróficas, destacando sua importância na adubação nitrogenada. Portanto, esse trabalho teve como objetivo mensurar a contribuição do Mo no aumento da eficiência da adubação nitrogenada, visando minimizar os custos e a dependência do fornecimento de N na forma mineral para cana-de-açúcar. Os experimentos foram conduzidos no campo em três diferentes locais, sendo dois localizados em Pernambuco e outro no estado da Paraíba. Os tratamentos consistiram de cinco doses de nitrogênio e cinco doses de molibdênio. Foram avaliados os teores e extração dos nutrientes nas folhas, colmos e ponteiros, bem como a influência dos mesmos na produtividade agrícola e nas variáveis tecnológicas inerentes à cultura. Observou-se que as doses de N e Mo, bem como a interação entre os dois nutrientes, afetaram os teores e a extração de ambos nos componentes da parte da cana-de-açúcar. A adubação nitrogenada promoveu aumento nos teores de N nos componentes da parte aérea (colmo, folha e ponteiro), aumentos na produtividade e quantidade de açúcar da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta. A adubação molibdica promoveu aumento nos teores de N nos componentes da parte aérea (colmo, folha e ponteiro), potencializou o acúmulo de N e aumentou a eficiência de utilização do N contribuindo para ganhos de produtividade da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta.

ABSTRACT

Spending on fertilizer are considerable and have great participation in the total cost in sugar cane farming, the nitrogen fertilization being a relevant part in the final price due to its variable cost, dependence on foreign markets and low use of mineral-N . Also considering that there are still doubts about the response of sugar cane plant to this fertilizer, it is evident the necessity for research to better clarify its role in the development of plant-cane , as well as the development of practice to potentialize the use of N . As a possible potentiating effect of the process of a more efficient use of N, the presence of appropriate levels of Mo seems to contribute significantly so that this occurs. The Mo participates in the activity of nitrate reductase in plants and of nitrogenase in diazotrophs bacteria, highlighting its importance in fertilization. Therefore, this study aimed to measure the contribution of Mo in increasing the efficiency of nitrogen fertilization in order to minimize costs and dependence on the supply of N in the form of minerals for sugar cane . The experiments were carried out in the field, in three different environments, two located in the state of Pernambuco and one in the state of Paraíba. The treatments consisted of five doses of nitrogen and five doses of molybdenum. We evaluated the levels and the extraction of nutrients in leaves, stems and pointers as well as their influence in agricultural productivity and technological variables inherent in the culture. It was observed that the doses of N and Mo, as well as the interaction between the two nutrients affected the contents and the extraction of both components on the part of the sugar cane. Nitrogen fertilization promoted an increase on N levels in the contents of the aerial parts (stem, leaf and pointer), increase in productivity and the amount of sugar in sugar cane in cane plant cycle. Molybdenum fertilization increased the N content in aerial parts (stem,leaf and pointer), increased the accumulation of N and increased the efficiency of N use by contributing to productivity gains of sugar cane in cane plant cycle.

1. INTRODUÇÃO

Na safra 2011/2012 no Brasil foram processados 571,47 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o que permitiu uma produção de 39,9 milhões de toneladas de açúcar, 9 bilhões de litros de etanol anidro e 13 bilhões de litros de etanol hidratado. Toda essa produção ocorreu numa área plantada de 8,2 milhões de hectares, alcançando produtividades médias de 68 t ha⁻¹. Nesse contexto, Pernambuco foi o sexto maior produtor nacional em uma área cultivada na safra atual foi de 326,11 mil hectares, com uma produção total de 18,4 milhões de toneladas de cana e produtividade média de 56,5 t ha⁻¹ (CONAB, 2012).

No Nordeste do Brasil o cultivo da cana-de-açúcar começou a mais de 500 anos e vem se mantendo até hoje em uma ampla diversidade de condições edafoclimáticas. De maneira geral, os solos da região cultivados com cana são altamente intemperizados, com predominância de LATOSSOLOS e ARGISSOLOS, sendo solos muito pobres, com baixa saturação por bases, baixos teores de matéria orgânica, elevada adsorção de P, elevados teores de Al trocável e alto grau de acidez ativa. Por isso, o uso de corretivos e fertilizantes tem sido determinante para a manutenção e elevação das produtividades, bem como o manejo adequado da fertilidade do solo para atender as exigências nutricionais da cultura.

Entre os elementos essenciais, o N é um dos mais exigidos em quantidade pela cana-de-açúcar. A cultura tem metabolismo do tipo C4, apresentando alta taxa fotossintética, sendo necessário um aporte adequado de N para que os processos fisiológicos e as reações bioquímicas responsáveis pela fotossíntese se processem satisfatoriamente. Assim, a grande demanda da cana-de-açúcar por este nutriente faz com que a participação do mesmo no processo produtivo seja parte substancial em relação ao custo total de implantação e manutenção dos canaviais.

Entretanto, considerando a exigência da cultura pelo nutriente, a dinâmica do N no solo e, ainda, os processos bioquímicos que envolvem a assimilação de N, os aspectos relacionados à utilização da adubação nitrogenada principalmente em cana planta, ainda precisam ser melhor esclarecidos. Muitas pesquisas já realizadas principalmente nas décadas de 80 e 90 destacam a falta de resposta da cana planta à adubação nitrogenada e várias hipóteses foram levantadas para justificar tal fato. Entre as possíveis

causas, podem ser consideradas a mineralização da matéria orgânica, reservas de N no reboleto de plantio, melhoria das condições gerais do solo pelo uso de corretivos e condicionadores e a fixação biológica de N (FBN).

Contudo, dois aspectos relacionados à dinâmica do N no sistema solo planta podem ter papel fundamental na nutrição da cultura. O primeiro aspecto que pode ser destacado na dinâmica do N no solo é o comportamento do fertilizante aplicado na forma mineral. Considerando as práticas normalmente adotadas, a elevação do pH do solo a patamares que permitam uma maior disponibilidade de nutrientes, melhoram também as condições do solo para atuação de bactérias envolvidas nas transformações do N no solo e, desse modo, em solos com pH em torno de 6 é provável a predominância de N no solo na forma de nitrato. A planta absorve o N tanto na forma amoniacal como na forma de nitrato, no entanto, depois da absorção, as duas formas de N absorvidas seguem rotas assimilatórias diferentes.

Outro aspecto que tem recebido destaque quando se trata de N em cana-de-açúcar é a FBN, com pesquisas realizadas no Brasil, e que têm recebido merecido destaque na atualidade. Nessas pesquisas foram identificadas algumas espécies de bactérias com potencial para realizar a FBN e fornecer parte do N exigido pela cultura e que podem explicar a falta de resposta à adubação nitrogenada na cana-de-açúcar, particularmente no ciclo de cana planta.

Ao se considerar a absorção de nitrato, como via preferencial de absorção de N, e a FBN como fontes de N de importância para a cultura, duas enzimas envolvidas neste processo merecem maior atenção. Para a assimilação de nitrato, a enzima redutase do nitrato assume papel de relevada importância. Quando a ação desta enzima é diminuída, o N na forma de nitrato não é reduzido a amônio e, conseqüentemente, não poderá ser utilizado na composição de aminoácidos e proteínas, ou seja, sua assimilação decresce. Do mesmo modo, a FBN só é possível pela ação da enzima nitrogenase presente nas bactérias fixadoras de N. Contudo, para que estas enzimas atuem de forma otimizada, um micronutriente precisa ser fornecido de forma adequada tanto para a planta como para a bactéria. Este micronutriente é o Mo, sem o qual as enzimas supracitadas não poderão exercer o seu papel satisfatoriamente.

Presente no solo na forma de ânion, o Mo está predominantemente como molibdato e tem sua disponibilidade influenciada por características físicas, químicas e mineralógicas do solo como acidez elevada, teor de argila, qualidade dos argilominerais, conteúdo volumétrico de água, teor de Fe amorfo e cristalino, e teor de matéria orgânica. No entanto, pouco se sabe sobre a disponibilidade deste nutriente em solos brasileiros e, principalmente, do Nordeste do Brasil, e, ainda, se o mesmo pode potencializar a produção de cana-de-açúcar, como manejo inovador da adubação nitrogenada. Sendo assim, o aporte de Mo na cultura pode ser um fator para potencializar o uso e assimilação de N e aumentar a eficiência da adubação nitrogenada.

Dada a importância do N para a cultura da cana-de-açúcar, as dúvidas ainda existentes em relação à real importância da adubação nitrogenada da cana planta e considerando o papel desempenhado pelo Mo no manejo da adubação nitrogenada, pesquisas capazes de relacionar estes aspectos são necessárias, pois podem gerar informações que possam subsidiar o melhor aproveitamento das fontes de N existentes, diminuindo impactos ambientais e elevando a relação custo benefício na utilização de fertilizantes minerais. Assim este trabalho teve como objetivos: Avaliar a interação N x Mo e a contribuição do Mo no aumento da eficiência da adubação nitrogenada para cana-de-açúcar no ciclo de cana planta; determinar os teores de Mo em diferentes partes vegetativas da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta; determinar os teores de N em diferentes partes vegetativas da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta; determinar quantidades extraídas e exportadas de Mo em diferentes partes vegetativas da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta; determinar quantidades extraídas e exportadas de N em diferentes partes vegetativas da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta; avaliar a nutrição nitrogenada e molibdica em cana-de-açúcar durante o ciclo de cana planta; avaliar a contribuição do Mo na eficiência da adubação N; recomendar N para cana-de-açúcar no ciclo de cana planta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura da cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com aproximadamente 33% de todo o montante produzido no mundo (JADOSKI et al., 2010), liderança que tem marcado a importância da cultura na economia mundial e que tem assumido papel de destaque no contexto socioambiental como alternativa para a substituição parcial da utilização de combustíveis fósseis frente aos acordos internacionais de redução de gases de efeito estufa.

No Brasil a cultura da cana-de-açúcar ocupa uma área aproximada de 8,2 milhões de hectares, com tendência de expansão da área cultivada em diversos estados. A produtividade média brasileira estimada é de 68 t ha⁻¹ com uma produção total de 571,47 milhões de toneladas de cana, 39,9 milhões de toneladas de açúcar, 9 bilhões de litros de etanol anidro e 13 bilhões de litros de etanol hidratado. Em Pernambuco, sexto produtor nacional, a área cultivada na safra atual (2011/2012) foi de 326,11 mil hectares, com uma produção total de 18,4 milhões de toneladas de cana e produtividade média de 56,5 t ha⁻¹ (CONAB, 2012).

Com a atual expansão das atividades industriais no Nordeste, uma possível diminuição na área cultivada e poucas áreas para novos plantios, acompanhada da baixa média de produtividade em relação a média nacional e, ainda, a busca pelo melhor aproveitamento dos insumos agrícolas, os investimentos em tecnologias que promovam o incremento vertical da produtividade, ou seja, o aumento da produtividade na mesma área se faz necessário.

Considerando o panorama atual de produtividade dos canaviais na região, diversos fatores podem ser limitantes para o desenvolvimento ideal da cultura, entre esses, a disponibilidade de nutrientes nos solos e a disponibilidade hídrica podem ser apontados como os principais fatores. Os programas de melhoramento genético em cana-de-açúcar vêm ganhando cada vez mais força no Brasil, desenvolvendo cultivares mais produtivas e cada vez mais adaptadas às condições edafoclimáticas das regiões produtoras, exigindo modificações em relação às exigências nutricionais, o que indica a necessidade de revisões nas recomendações de nutrientes e nas doses atualmente empregadas nos programas de adubação (OLIVEIRA, 2011).

2.2 O N e sua importância para a cana-de-açúcar

Sendo o quarto elemento mais abundante nas plantas, o N é menor em quantidade apenas que o C, o H e o O. Depois de absorvido pelas plantas, é incorporado em compostos orgânicos como aminoácidos, ácidos nucleicos e coenzimas, totalizando apenas 1% da matéria seca total da planta. A deficiência de N em plantas causa a redução na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia para a produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, sendo constituinte de, aproximadamente, 18% da composição das proteínas (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Na natureza, as plantas podem ter sua necessidade pelo N atendida basicamente de duas formas. O suprimento pode ser pela absorção do N mineral na forma de nitrato ou amônio, ou pela FBN, contudo, os processos bioquímicos envolvidos serão diferenciados e dependentes da forma como a planta absorveu o elemento (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000).

Considerando a cana-de-açúcar, sabe-se que, ao longo do seu desenvolvimento, a cultura passa por diversos estádios um com características distintas, contudo, o aporte de nutrientes é essencial em todas as fases e o N desempenha papel importante desde a brotação até o estabelecimento dos perfilhos. Por ser uma planta com metabolismo do tipo C4, apresenta alta taxa fotossintética, resultando em uma elevada taxa de conversão de energia luminosa em energia química, portanto, sem o suprimento adequado de N, a produção de fotoassimilados será menor com prováveis perdas de produtividade (VITTI et al., 2007).

A dinâmica do N no sistema solo planta é bastante variável, fazendo com que este elemento possa estar nos mais variados estados de oxidação, passando por processos de mineralização, imobilização e transformação na sua forma mineral, mediados pela microbiota do solo. Assim, o N está sujeito a diversas formas de perda, contudo, essas perdas podem ser muito variáveis e dependentes das condições locais. Segundo Anghinoni et al. (1986), o N contido no solo pode ser perdido principalmente pela lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de N₂, N₂O e outros óxidos de N para a atmosfera, diminuindo sua disponibilidade e acarretando deficiência para a planta.

Entretanto, considerando resultados de pesquisas realizadas por vários autores, as perdas de N por lixiviação podem ser desconsideradas, pois, na

maioria dos ensaios com o emprego de N em cana-de-açúcar, foi constatado que essas perdas são pequenas. Bolongna-Campbell (2007) não verificou perdas consideráveis por lixiviação de N proveniente do fertilizante, e observou que o N total lixiviado correspondeu, na média, a 13,115 mg, o que equivaleria a 0,44 kg ha⁻¹ de N.

Ng Kee Kwong e Deville (1984), trabalhando com cana-de-açúcar cultivada em lisímetros, com pluviosidade média anual de 1.300 e 3.200 mm, observaram que não houve perdas excessivas de N por lixiviação. Nas Ilhas Maurício, Ghiberto et al. (2007), realizando o monitoramento do fluxo de água no solo no ciclo de cana planta, com a utilização de tensiômetros e extratores de solução do solo, constataram lixiviação de 15 kg ha⁻¹ de N, no entanto, as perdas provenientes do fertilizante foram na ordem de 21 g ha⁻¹, valor este que pode ser considerado desprezível frente ao total praticado na adubação com o nutriente. Outra possível via de perda de N aplicado utilizando fertilizantes contendo o nutriente pode ser pela volatilização de amônia quando se utiliza uréia, que pode ser hidrolisada quando adicionada a solo úmido.

Contudo, Segundo Trivelin et al. (2002a), quando incorporada ao solo numa profundidade entre 15 e 25 cm, as perdas de amônia (NH₃) por volatilização da uréia são desprezíveis. Assim, os mesmos autores consideraram como principal perda de N no sistema solo-planta a volatilização de NH₃ pela parte aérea das plantas, podendo chegar a valores estimados de 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Do mesmo modo que as transformações do N podem elevar a perdas do elemento no sistema, podem também torná-lo mais ou menos disponível para as plantas. Diversas são as formas que podem tornar o N disponível às plantas: mineralização da matéria orgânica, FBN, adição de fertilizantes nitrogenados, o nutriente contido no tolete de plantio e nas soqueiras, e as reservas em rizomas e raízes (TRIVELIN et al., 2000). Mas a mineralização do material vegetal incorporado é dependente de fatores ambientais como temperatura, disponibilidade hídrica, oxigênio, composição química da palhada, da relação C/N, teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

São essas características da dinâmica do N no solo que muitos autores têm considerado como fatores para justificar a falta de resposta à adubação nitrogenada em cana planta. De acordo com Korndörfer et al. (2002), as

respostas à aplicação de N fertilizante em cana planta ainda são muito contraditórias, pois não é encontrado um padrão que possa explicar com exatidão o que efetivamente ocorre, obtendo-se respostas muito heterogêneas variando com o local, ano agrícola, variedade, entre outros fatores, e adicionalmente os mecanismos fisiológicos envolvidos não são bem esclarecidos. Assim, segundo alguns autores, para a falta de resposta à adubação nitrogenada em cana planta algumas hipóteses tem sido levantadas, entre elas, a FBN, as perdas por lixiviação de N aplicado via adubação, o vigor do sistema radicular da cana-planta e a mineralização da matéria orgânica (URQUIAGA et al., 1992; CARNEIRO et al., 1995).

No entanto, outros aspectos podem ser observados em relação aos estudos envolvendo o N em cana planta, um deles é que, na grande maioria dos trabalhos, as avaliações de produtividade foram realizadas na colheita final e nesses casos as respostas à adição de N pela cana planta podem ser mascaradas por fatores ambientais, como o déficit hídrico (GAVA et al., 2001). Carvalho et al. (2009) comentou que a taxa de crescimento da cana-de-açúcar é mais afetada pela disponibilidade de água no solo do que pelo próprio fornecimento de N, assim, quando o estresse hídrico aumenta, a resposta à fertilização nitrogenada é diminuída. Otto et al. (2009) observaram que boas condições hídricas, aliado ao fornecimento correto do N, podem favorecer o crescimento radicular, elevando a absorção de nutrientes pela cana-de-açúcar, levando ao acúmulo em níveis adequados de nutrientes nos componentes da planta, tornando-as melhor nutridas, promovendo um desenvolvimento adequado com ganho de produtividade de colmos e quantidade de açúcar.

Ao longo do tempo, pesquisas têm sido desenvolvidas buscando elucidar os fenômenos que envolvem a utilização da adubação nitrogenada em cana planta e sua influência na produtividade, em variáveis tecnológicas de importância para agroindústria canavieira, bem como a distribuição, os teores e acúmulo do N nas partes da planta e suas exigências nutricionais (TASSO JÚNIOR et al., 2007).

Contudo, para fornecer adequadamente os nutrientes à cultura, é preciso conhecer suas carências. Sendo assim, busca-se uma maneira de suprir adequadamente a cana-de-açúcar por meio da análise de sua exigência nutricional, que pode ser obtida com a identificação da demanda por nutrientes durante o desenvolvimento da cultura, sua distribuição e alocação nos

componentes da planta e, desta forma, proporcionar uma melhor contribuição para o entendimento da capacidade produtiva dos novos cultivares (BARBOSA et al., 2002).

Ao longo do ciclo da cultura a análise do crescimento e acúmulo de fitomassa da cana-de-açúcar tem permitido avaliar os efeitos de diferentes formas de adubação e tratos culturais. Essa análise é realizada por meio de avaliações sequenciais e temporais do acúmulo de fitomassa ou de índices fisiológicos dela obtidos (GAVA et al., 2001). Conhecendo a alocação dos nutrientes em partes exportáveis da planta, que não mais retornarão (colmo), é possível estimar a quantidade de nutriente exportado e, conseqüentemente, a quantidade que deverá ser adicionada para suprir a necessidade no ciclo de cultivo seguinte (OLIVEIRA et al., 2010).

Silva et al. (2007), observando a extração de N pela parte aérea de diferentes cultivares de cana-de-açúcar, concluíram que as extrações variaram com os cultivares estudados e que atingiram os seguintes valores: 1,33 a 1,54 kg t⁻¹ de N dos cultivares de cana-de-açúcar estudadas. No estado de São Paulo foram observados valores médios de 0,5 a 1,1 kg t⁻¹ de N (TASSO JÚNIOR et al., 2007). Avaliando-se estes trabalhos é possível constatar que as exigências de N pela cultura podem variar de acordo com o cultivar, o tipo de solo, a época de plantio e os tratos culturais. No entanto, valores na faixa de 0,8 a 1,5 kg t⁻¹ de N podem ser considerados como bons indicadores na avaliação da demanda de N pela cana planta para a obtenção de elevadas produções (FRANCO et al., 2010).

Em raciocínio semelhante, é de se esperar que, com a aplicação de doses crescentes de N via fertilização ocorra um aumento nos teores e na extração do elemento. Korndörfer et al. (1997), trabalhando com quatro cultivares de cana-de-açúcar (RB72 454, SP70 1143, SP71 6163 e SP71 1406) no ciclo de cana planta, observaram relação direta da acumulação de N da parte aérea com a dose de N aplicada.

Mas, ainda assim, as respostas da cana planta à adubação nitrogenada quando se trata de incrementos na produção e em rendimento de açúcar são contraditórias e variam muito de local para local. Azeredo et al. (1986), analisando um total de 135 experimentos desenvolvidos em diversas regiões, observaram que em 80% deles não houve resposta à utilização do N em cana planta. Do mesmo modo, Marinho e Barbosa (1996), observaram que em 47%

dos 141 experimentos analisados houve resposta significativa da cana planta à adubação com N em pesquisas desenvolvidas no Nordeste do Brasil. Franco et al. (2010), trabalhando com doses de até 120 kg ha⁻¹ em cana planta no estado de São Paulo em dois ambientes de produção, não observaram incrementos na matéria seca de cana-de-açúcar com a aplicação de N.

Por outro lado, o aumento na produtividade da cana-de-açúcar (cana planta) em resposta à adubação nitrogenada foi constatado por Silveira e Crocomo (1990). Em estudo de assimilação de N em cana planta na presença de elevada dose de N, Orlando Filho et al. (1999) observaram redução da ordem de 35% na produtividade de colmos da cana planta quando não se aplicou N em relação às parcelas que receberam o nutriente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Korndörfer et al. (1997), que observaram aumento linear na produtividade de cana planta com o crescimento das doses de N aplicadas (30, 60 e 120 kg ha⁻¹). Resultados obtidos por Paes et al. (1997) em experimento com cana planta de ano e meio mostraram que a aplicação de doses crescentes de N proporcionaram aumento linear na produtividade de colmos em dois de três cultivares estudados, demonstrando que existem diferenças varietais quanto à eficiência de utilização do N na produtividade de colmos.

Em pesquisa realizada por Bologna-Campbell (2007) também foi observada resposta linear da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada de plantio, onde o aumento médio na produção obtida com maior dose de N aplicada (120 kg ha⁻¹) e o incremento em relação à testemunha foi de 55%. Trivelin et al. (2002b) também observaram aumento linear significativo na produção de cana em resposta à adubação nitrogenada de plantio, trabalhando com doses de até 90 kg ha⁻¹ de N. Korndörfer et al. (2002) obtiveram resposta em sete cultivares de cana-de-açúcar à adição de 60 kg ha⁻¹ de N, com incremento médio de 10 t ha⁻¹. Otto (2007) relatou que foi possível perceber diferença na resposta da cana planta ao uso de N, e considerou que no solo eutrófico a cultura poderia apresentar resposta à adição do elemento, enquanto que em outro local onde o solo se apresentava distrófico não foi observada resposta.

Além da produtividade, as variáveis tecnológicas são de suma importância para a agroindústria canavieira. Silva et al. (2009) não observaram diferença significativa entre os tratamentos analisados, mas comentaram que

houve indicativos na queda dos valores das variáveis relacionadas ao acúmulo de açúcares. Os autores comentaram, ainda, que o excesso de N pode causar efeito deletério no rendimento de sacarose.

Paes et al. (1997) verificaram resposta linear na Pol (%) da cana no cultivar RB739359, devido a aplicação das doses de N (0, 50 e 100 kg ha⁻¹). Resultados observados por Franco et al. (2008), avaliando o benefício da adição de N na qualidade tecnológica dos colmos, indicaram respostas diferentes para dois locais de produção, em um dos experimentos todas as variáveis tecnológicas analisadas foram incrementadas com as doses de 40 e 80 kg ha⁻¹, com exceção de “açúcares redutores”, enquanto no outro local não foi observada nenhuma diferença entre os tratamentos.

Silveira e Crocomo (1981) observaram decréscimo no teor de sacarose em plantas de cana-de-açúcar que se desenvolveram na presença de elevada concentração de N. Espironelo et al. (1987) obtiveram efeito linear negativo no teor de sacarose em função das doses de N (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹). Orlando Filho et al (1980) constataram que somente a aplicação de 480 kg ha⁻¹ de N diminuiu a Pol (%) da cana. Conforme observado nos resultados listados, o efeito deletério da adubação nitrogenada somente ocorre quando se aplica doses elevadas de N, o que não ocorre na prática usual quando da utilização de N via fertilizante.

2.3 O Mo no solo e nas plantas

O Mo é um dos elementos essenciais requerido em menor quantidade pela planta e que participa como co-fator (MoCo) em diversas enzimas nos sistemas biológicos de relevada importância no metabolismo de vegetais superiores, como por exemplo, a redutase do nitrato em plantas e na nitrogenase em bactérias fixadoras de N, e ainda, podendo ser encontrado em enzimas responsáveis por outras funções importantes em vegetais, como: aldeído oxidase, xantina desidrogenase e sulfito oxidase (MENDEL e HANSCH, 2002).

Presente no solo na forma de ânion, o Mo está predominantemente como molibdato e tem sua disponibilidade influenciada por características físicas, químicas e mineralógicas dos solos como acidez elevada, que pode diminuir significativamente sua disponibilidade, além disso, pode ser retido fortemente em óxidos de Fe e Al (VISTOSO et al., 2005). Fontes & Coelho

(2005) destacaram que as características e propriedades do solo que mais se relacionaram com a adsorção de Mo em solos de Minas Gerais foram óxidos de Fe amorfo e cristalino, teor de argila e teor de matéria orgânica. Contudo, a aplicação de calcário proporcionando a elevação do pH pode aumentar a disponibilidade de Mo dos solos (GOLDBERG et al., 2002; BOLAN e CURTIN, 2003).

O Mo é absorvido pela planta na forma de molibdato, ficando na planta na forma de ânion geralmente na sua forma mais oxidada. Em 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 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 P disponível na solução do solo (CLARKSON, et al 1968).

Contudo, os mecanismos que envolvem a absorção, translocação e transporte de Mo na planta não são plenamente conhecidos e algumas suposições em relação a estes mecanismos vêm sendo discutidas. As principais hipóteses sobre a absorção estão relacionadas aos transportadores de fosfato e sulfato. Tasmariam et al. (2004) relatam que existem indícios de que a exsudação de alguns compostos carboxílicos induzidos pela deficiência de P pode aumentar a aquisição de Mo pela absorção do molibdato, indicando que o mesmo ocorre quando se aplica fertilizante fosfatado solúvel em água.

Stout e Meagher (1948) observaram uma rápida absorção e translocação de Mo das raízes para parte aérea e sugeriram que o efeito pode ter ocorrido devido a alta concentração de fosfato na solução nutritiva utilizada no experimento. De acordo com Hewinkel et al. (1992), os transportadores de fosfato da membrana podem estar ligados diretamente à maior absorção radicular do molibdato, mas, para que isso ocorra de maneira efetiva parece existir um teor limite da concentração de Mo na solução, assim como uma boa disponibilidade de P.

Existem também indicativos que o Mo pode ser absorvido pelas plantas através dos transportadores de sulfato, contudo, neste caso, vem sendo demonstrado que ocorre uma competição entre os dois ânions (MENDEL e HANSCH, 2002). Do mesmo modo que parece existir um sinergismo entre o P

e o Mo, uma relação de antagonismo parece ocorrer entre o Mo e o S e, em algumas pesquisas vem se observando que, quanto maior o teor de sulfato na solução, menor é a absorção de Mo. O sulfato e o molibdato são ânions de propriedades físico-químicas semelhantes como, por exemplo, as suas valências, sendo assim, há uma grande possibilidade desses dois íons competirem pelo mesmo sítio de ligação e absorção. Ramadam et al. (2005), estudando os efeitos do suprimento de S no transporte de Mo na seiva do xilema do tomateiro observaram que, a medida que se forneceu S, a concentração e o fluxo de Mo na seiva foi bastante diminuída, indicando que estes dois ânions estão de alguma forma competindo pelos mesmos sítios de ligação e absorção.

Fica evidente que os dois íons competem pelos transportadores da membrana, com tendência a uma maior afinidade pelo sulfato, porque quando se tem teor elevado de sulfato, a absorção do Mo é deixada em segundo plano, isto indica uma possível seletividade desses transportadores, mas os genes das proteínas que codificam o processo não foram identificados (SELF et al., 2001).

Em relação à translocação, considera-se que o Mo é moderadamente móvel nas plantas, mas a forma como ocorre não é bem conhecida. De acordo com Tiffin (1972), o Mo se move no xilema como MoO_2^{-4} , no complexo Mo-S aminoácido ou na forma de molibdato.

Como os mecanismos que controlam o transporte de Mo não são desconhecidos algumas suposições podem ser feitas, observando os sistemas de transporte do elemento em bactérias, porque nesses organismos os sistemas foram identificados (SELF et al., 2001). Vários são os sistemas que podem estar envolvidos no processo, mas as pesquisas demonstraram uma alta afinidade pelo sistema ABC que, no caso do Mo, pode ser denominado MoABC. O sistema consiste de três proteínas, a primeira, a ModA, localizada no periplasma, a segunda, a ModB, integra o canal da membrana, e a terceira, a ModC, uma proteína que fornece energia para o processo.

Em algumas bactérias, a MoABC parece estar envolvida como reguladora de processos que envolvem a transcrição do DNA (Self et al., 2001). Portanto, em plantas pode-se esperar que os sistemas de transporte tenham uma sequência homóloga ao sistema MoABC encontrado em bactérias, pois as sequências de genes ou parte da sequência de genes

responsáveis por este sistema de transporte foram identificados em algumas espécies de plantas (KAISER et al., 2005).

O Mo pode ser descrito como tendo mobilidade variável, dependendo da parte da planta e do suprimento do mesmo (VUNKOVA-RADEVA et al., 1988). O movimento do Mo na planta pode também ser em função do seu fornecimento e o conteúdo em partes diferentes pode variar ao longo do tempo, em plantas com fornecimento adequado de Mo e teores normais nas folhas, o Mo parece ser bastante móvel no floema. No entanto, em plantas com deficiência do elemento, seu movimento no floema e no caule da planta é reduzido (JONGRUAYRUP et al., 1989).

Moraes et al. (2008) observaram que houve translocação de Mo para os grãos de soja no momento de sua formação pelos menores teores obtidos na folha na época da formação de grãos. A mobilidade do Mo na planta e sua translocação entre as partes da planta podem ser controladas geneticamente, como observado por Brodick e Giller (1991), em trabalho realizado utilizando dois cultivares de *Phaseolus vulgaris*, onde houve diferenças entre os cultivares testados. Milani et al. (2010), trabalhando com dois cultivares de soja, encontraram valores de Mo variando de 48,05 e 106,65 $\mu\text{g g}^{-1}$, diferença esta que o autor atribuiu a fatores genéticos e ambientais.

As enzimas com Mo como cofator estão envolvidas também na síntese do ácido abscísico e do ácido indol-acético, a molibdoenzima aldeído oxidase está ligada a catálises e oxidação. O ácido abscísico controla a formação de sementes e um baixo nível do mesmo pode afetar o enchimento de grãos, acarretando em perda de produtividade em culturas onde o produto comercial são as sementes (MENDEL e HANSC., 2002). Hewit (1983) observaram uma redução nos níveis de ácido ascórbico em couve-flor, repolho, tomate e beterraba quando estas apresentavam deficiência de Mo.

O Mo é importante, pois sua deficiência afeta seriamente o metabolismo do N e, em plantas onde a principal fonte de N é a fixação biológica, o elemento é de suma importância para a enzima nitrogenase, responsável por catalisar o N atmosférico à amônia (URQUIAGA et al., 2003). Uma importante enzima relacionada à mobilização e exportação do N fixado é a xantina desidrogenase, os efeitos diretos da deficiência de Mo em relação à atuação desta enzima não são conhecidos, mas se percebe uma redução na exportação do N fixado para o nódulo (KAISER et al., 2005).

Dentre as enzimas onde o Mo atua, a mais conhecida e estudada é a redutase do nitrato por estar diretamente envolvida nas transformações do N na planta. A redutase do nitrato causa a redução do nitrito a nitrato, processo este que ocorre no citoplasma. A redutase do nitrato é uma enzima dímera com três grupos prostéticos transferidores de elétron por subunidade, flavina, heme e Mo. Durante a redução, os elétrons são transferidos diretamente do Mo para o nitrato (MENGEL e KIRKBY, 2001).

O suprimento de Mo, por sua vez, está diretamente ligado ao metabolismo e posterior utilização do N pela planta, sendo assim, plantas que recebem amônio como fonte de N são menos dependentes do fornecimento de Mo do que plantas que recebem nitrato como fonte de N. Devido à aplicação de Mo, possivelmente, os processos envolvendo o metabolismo de N são mais bem realizados em plantas que receberam o nutriente contribuindo para um incremento na produtividade (PESSOA et al., 1998).

Em plantas leguminosas, a nitrogenase apresenta elevada importância justamente por permitir o aproveitamento do N atmosférico pela associação com bactérias fixadoras, com isso, o suprimento com Mo pode elevar a produtividade, como observado para a cultura do feijão (ROCHA et al., 2011).

As plantas, quando estão deficientes em Mo, tem aumento de compostos solúveis de N, como por exemplo, amidas e a concentração de proteínas diminui, o que serve como indicativo da função do elemento na síntese de proteínas. Sendo assim, esta importância na síntese de proteínas pode ser responsável pelo efeito deletério do Mo sobre a concentração de clorofila (MEN e LI, 2005). Pela sua atuação na redutase do nitrato, pode ser observado que, em plantas com suprimento adequado de Mo, os teores de N orgânico são maiores e os de nitrato são menores do que em plantas com deficiência do elemento (VALENTINE et al., 2005). Quando o fornecimento de Mo não é adequado, a atividade da enzima redutase do nitrato é reduzida e, conseqüentemente, a assimilação de N também se reduz. Quando fornecido adequadamente, aumenta a atividade da enzima e, com isso, os teores de N também aumentam (LI-PING et al., 2007).

Normalmente, os sintomas da deficiência de Mo diferem entre as espécies de plantas e podem se confundir com os sintomas de deficiência de N, mas, de uma forma geral, os sintomas mais típicos são o mosqueado internerval, clorose marginal das folhas mais velhas e, ainda, sintomas

associados ao acúmulo de nitrato, que se caracterizam pelo aparecimento de manchas necróticas nas margens das folhas (MULDER, 1948). Nautiyal e Chaterje (2004), estudando o estresse induzido pela deficiência de Mo em grão de bico, observaram que os sintomas ocorrem primeiramente nas folhas mais velhas com uma clorose profunda e, ainda, observaram que a deficiência reduziu a emergência de flores. O baixo fornecimento de Mo diminuiu o número de grãos provavelmente pela menor síntese de carboidratos e também diminuiu o número de folhas e flores. Esse baixo fornecimento de Mo foi responsável, também, por uma menor atividade da redutase do nitrato, que culminou com o acúmulo de nitrato na planta e um baixo teor de proteína. Tanto na deficiência quanto na toxidez, os indícios apontam para falha na fotossíntese e a não utilização de carboidratos. Valores do teor foliar abaixo de 0,38 e iguais ou maiores que 15,00 $\mu\text{g g}^{-1}$ são os limiares para deficiência e toxidez, respectivamente.

Na média, concentrações no tecido vegetal na ordem de 1 mg kg^{-1} de matéria seca são suficientes para suprir a demanda da planta pelo elemento, também são considerados normais valores entre 2 a 4 mg kg^{-1} de matéria seca e os sintomas de deficiência podem aparecer quando os teores atingem valores menores do que 0,1 mg kg^{-1} de matéria seca, dependendo da espécie e, até, da cultivar. Em relação à toxidez, este efeito é muito raro e pode se manifestar de acordo com alguns pesquisadores quando atinge valores próximos a 20 mg kg^{-1} de matéria seca (STIEFEL, 2002).

Prada et al. (1998), avaliando a concentração de Cu e Mo em plantas forrageiras do estado do Mato Grosso do Sul encontraram teores de Mo que variaram de 7,5 a 22,0 mg kg^{-1} de matéria seca, tendo os teores variado dependendo do local e da época do ano em que foram realizadas as amostragens.

Os efeitos da sua utilização nas mais diversas culturas tem promovido resultados positivos e sua necessidade é real para os solos brasileiros. Quaggio et al. (2004), estudando a aplicação de Mo e calcário em solo cultivado com amendoim, concluíram que o desenvolvimento da cultura foi mais afetado pela deficiência de Mo do que pela acidez dos solos. Voss e Pöttker (2001), em experimento realizado com a cultura da soja, concluíram que a calagem na superfície de um Latossolo Vermelho Distrófico típico fase

argilosa promoveu aumento da produção de grãos de soja, mas este foi inferior ao obtido com a aplicação apenas de Mo.

Pessoa et al. (2000), estudando a concentração foliar de Mo e exportação de nutrientes pelo feijoeiro "ouro negro", observaram que a concentração do elemento nas folhas foram de 0,49 a 0,95 mg kg⁻¹, sendo que a aplicação do Mo proporcionou incremento na utilização do N e aumentou a produção de grãos do feijoeiro. Desta forma, o suprimento ideal de Mo para os vegetais vai depender da espécie, idade e dos objetivos agrícolas pretendidos. Pereira (2010), trabalhando com a cultura do milho e estudando doses e formas de aplicação de Mo observou incrementos no conteúdo de Mo em folhas e grãos, assim como incrementos na produtividade, não importando a forma de aplicação, no entanto, ressalta que, quando aplicado via solos, as concentrações devem ser cerca de 10 vezes maiores do que quando a aplicação for foliar.

Na cultura da cana de açúcar raros são os trabalhos envolvendo este micronutriente, portanto pouco se sabe sobre a necessidade da cultura e fatores com extração, exportação, teores e nível crítico que ainda precisam de melhor esclarecimento. Segundo Malavolta et al. (1997), o nível crítico de Mo nas plantas de cana-de-açúcar encontra-se entre 0,15 e 0,30 mg kg⁻¹. Argwala e HEWITT (1955), trabalhando em solução nutritiva com altos teores de nitrato, observaram que aos 6 meses de idade a faixa ideal da concentração de Mo estaria entre 0,4 e 0,7 mg kg⁻¹, e aos doze meses entre 1,30 a 1,77 mg kg⁻¹. No entanto, a fonte de N utilizada no ensaio foi exclusivamente o nitrato, que certamente aumentou a dependência pelo Mo. Em lavouras comerciais onde as fontes de N são mais diversificadas e o nitrato não é a única fonte de N, os teores de Mo exigidos tendem a ser menores. Polidoro (2001), avaliando os teores foliares de Mo em 48 plantios de cana-de-açúcar, obteve valores variando de 0,13 a 1,82 mg kg⁻¹.

2.4 Interação entre Mo e N nas plantas

A assimilação do N compreende os processos de redução do nitrato a amônio e a incorporação do amônio em aminoácidos. A taxa e a quantidade de N assimilado pelas plantas durante o seu ciclo dependem da atividade das enzimas envolvidas no ciclo do N e da disponibilidade de energia necessária para os processos de assimilação (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000).

A redutase do nitrato é considerada enzima chave na regulação do metabolismo de N e é a primeira enzima na cadeia de redução do N dentro do processo de assimilação do N nas plantas (PURCINO et al., 1994). Então, pelo seu papel regulador, a atividade da redutase do nitrato pode estar relacionada, com a produtividade das culturas. Tomando como base que plantas com alta atividade da enzima teriam maior capacidade de assimilar o nitrato disponível, elas, conseqüentemente, teriam uma maior capacidade em responder à adubação nitrogenada (BEEVERS e HAGEMAN, 1969).

Para o metabolismo desta enzima, o Mo é nutriente essencial e plantas bem nutridas com este elemento podem ter uma maior resposta à adubação nitrogenada do que plantas com deficiência do mesmo (Polidoro, 2001). A utilização da adubação com Mo pode aumentar, também, os teores de N total e orgânico, como observado em plantas de milho e, concomitantemente, com a aplicação de N elevar ainda mais os valores da variável citada (VALENTINE et al., 2005). Contudo, os efeitos da aplicação de Mo podem vir a ser benéficos ou em alguns casos causar prejuízos em características de interesse da planta cultivada. Segundo Medeiros e Souza (2005), a utilização de Mo em *Brachiaria Brizantha cv Marandu*, apesar dos benefícios, deve ser realizada em conjunto com a adubação nitrogenada, pois quando utilizado sozinho causa efeito deletério na qualidade protéica.

Efeitos positivos da aplicação de Mo isoladamente também foram obtidos para a cultura do feijão, no entanto, as maiores produções foram obtidas quando o elemento foi utilizado em conjunto com a adubação nitrogenada. Outro aspecto importante observado no trabalho foi o fato da possibilidade da redução das doses de N com a aplicação do Mo (AMANE et al., 1999). Entretanto, Gelain et al. (2011) observaram aumento da produtividade da soja com a aplicação de Mo, mas não encontraram diferença para os teores foliares de N em relação à utilização do Mo. Valentine et al. (2005) observaram ganhos de produtividade com a utilização de Mo, independentemente da aplicação de N. Resultados semelhantes foram obtidos por Ferreira et al. (2001), que observaram ainda incremento no teor de proteína nos grãos de milho com a utilização da adubação com Mo.

Entretanto, considerando a cultura da cana-de-açúcar, poucos são os trabalhos realizados com o intuito de verificar a potencialidade da utilização de Mo na adubação. Alvarez e Wutke (1963), estudando a aplicação de

micronutrientes no estado de São Paulo obtiveram resultados em que a aplicação de Mo elevou os valores de 3 a 12 t ha⁻¹ em relação à testemunha. Polidoro (2001), trabalhando com aplicação de doses de Mo e N observou incrementos no teor foliar de N quando se aumentou as doses de Mo e obteve o mesmo comportamento em relação à produtividade.

Contudo devido há escassez de informações sobre a adubação com Mo junto a utilização de N e, ainda a interação que pode ocorrer entre estes dois nutrientes, sendo ainda necessárias pesquisas para esclarecer e melhor explicar o comportamento da cana-de-açúcar em relação à adubação nitrogenada e molíbdica no Nordeste do Brasil.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Definição dos Ensaio

Os experimentos foram conduzidos no campo em três diferentes locais de produção. Sendo os campos experimentais instalados em duas unidades produtoras, uma no Estado de Pernambuco, na Usina Bom Jesus, e outra no Estado da Paraíba, na destilaria Japungu, e, ainda, a terceira, no campo da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina (EECAC), em solos de diferentes texturas.

A correção do solo foi realizada tendo como base o Manual de Recomendação de Adubação do Estado de Pernambuco (IPA, 2008). Quando necessário, foi aplicado gesso mineral seguindo cálculo proposto por Vitti et al, (2008). A adubação fosfatada foi realizada considerandado o teor de P disponível e a textura do solo de acordo com Simões Neto (2008). Para o suprimento de P, foi utilizado como fonte o superfosfato triplo. Para o K, a recomendação foi feita com base na expectativa de produção para produtividades acima de 100 t ha⁻¹, para tal foi utilizado valor médio observado em alguns trabalhos de K₂O na ordem de 1,4 kg t⁻¹ de cana, (ORLANDO FILHO et al 1980; OLIVEIRA, 2008). Foi considerando também um aproveitamento médio de 70% do fertilizante aplicado e como fonte foi utilizado o cloreto de K.

Os tratamentos consistiram de cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), tendo como fonte a uréia, e cinco doses de Mo (0, 200, 400, 800, 1.600 g ha⁻¹), sendo utilizado como fonte o molibdato de sódio. A aplicação das doses de Mo foi feita no solo antes do plantio e da adubação convencional por meio

de pulverizador costal com pressurização manual com vazão nominal de 200 L ha⁻¹. Para uniformizar a aplicação, foi realizado teste em branco da quantidade de água para diluição do molibdato de sódio a ser utilizada em cada parcela. Depois de calculada a quantidade de água, o produto diluído foi colocado no pulverizador costal e aplicado no sulco de plantio. A aplicação da úreia se deu antes do plantio em conjunto com a adubação fosfatada e potássica sendo toda localizada no fundo do sulco.

A variedade utilizada foi a RB92579, desenvolvida pela RIDESA, atualmente uma das variedades mais plantadas no Nordeste do Brasil, que tem como características: alta brotação, alto perfilhamento em cana planta e cana soca, maturação média, alta produtividade agrícola e teor de sacarose alto, longo período de utilização industrial e médio teor de fibra e ainda não apresenta restrição a local de produção (SIMÕES NETO et al., 2005).

Os experimentos foram desenvolvidos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial com quatro repetições (5 x 5) x 4, perfazendo um total de 100 parcelas. Na usina Bom Jesus e na EECAC, as parcelas consistiram de sete sulcos de 8 metros de comprimento, espaçamento de 1,1 metro, totalizando 61,6 m² de área total; na destilaria Japungu, o experimento teve parcelas de 7 sulcos de 10 metros com espaçamento 1,4 metros, totalizando 98 m². Em todos os locais foram considerados para área útil os três sulcos centrais, descartando-se 1 m na extremidade do sulco no sentido perpendicular, perfazendo uma área útil de 19,8 m² em Bom Jesus e EECAC e 33,6 m² em Japungu.

Os experimentos foram iniciados em agosto, setembro e outubro e 2009 e colhidos nos meses de outubro, novembro e dezembro e 2010, para Bom Jesus, EECAC e Japungu respectivamente. Na EECAC e Japungu foi passada uma grade para incorporação dos restos culturais do cultivo anterior, não sendo possível a realização desta prática em Bom Jesus devido à inclinação do terreno não permitir o uso de máquinas. Na Bom Jesus e EECAC os sulcos foram abertos manualmente, na Japungu a abertura dos sulcos foi feita mecanicamente. Toda adubação convencional e plantio foi realizado manualmente, foi tomado como padrão a densidade de plantio de 18 gemas por metro.

3.2 Metodologias utilizadas para caracterização dos solos das áreas experimentais

Fisicamente, os solos foram caracterizados quanto a sua granulometria para definição de sua classe textural, pelo método do densímetro, densidade do solo pelo método da proveta, densidade das partículas pelo método do balão volumétrico, condutividade hidráulica pelo método do permeâmetro de coluna vertical e carga constante, capacidade de campo e ponto de murcha permanente pela câmara de pressão de Richards (Tabela 2). Todas as análises físicas seguiram a metodologia da EMBRAPA (1997).

Quimicamente os solos foram caracterizados pelo pH(H₂O), P, Mo, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Al³⁺, (H+Al), Fe, Cu, Zn, Mn, COT. Os cátions Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídos por KCl 1,0 mol L⁻¹, sendo o Ca²⁺ e o Mg²⁺ dosados por espectrofotometria de absorção atômica e o Al³⁺ por titulometria; o Fe, Cu, Zn, Mn e ainda P, Mo, K⁺ e Na⁺ extraídos por Mehlich-1, sendo o P e o Mo dosado por colorimetria, o K⁺ e o Na⁺ por fotometria de emissão de chama e os demais por espectrofotometria de absorção atômica; a acidez potencial (H+Al) extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ e dosada por titulometria; o COT por combustão úmida com dicromato de potássio e dosagem por titulometria para cálculo da matéria orgânica do solo (Tabela 1); tudo conforme EMBRAPA (1997). O P-rem foi determinado segundo metodologia descrita por Alvarez V. et al. (2000).

Para a avaliação da CMAP, as amostras de solo receberam doses de P baseadas no valor de P-rem (Alvarez V. & Fonseca, 1990). Amostras de TFSA de cada solo foram saturadas com soluções de concentrações crescentes de P em CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, adotando-se as isoterms de Langmuir para estimar a CMAP (Novais & Smith, 1999).

A caracterização mineralogia da fração argila foi determinada por difratometria de raios-X (Whitting & Allardice, 1986) para determinação dos principais minerais da fração argila dos solos (Tabela 3). Foram determinados Fe amorfo e cristalino, extraídos por oxalato ácido de amônio (Feo) e Ditionito – citrato – bicarbonato de sódio (Fed), respectivamente, conforme metodologia descrita por Mehra & Jackson (1960) e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Tabela 3).

3.3 Caracterização dos locais dos ensaios

Foram instalados experimentos similares com as doses de N e de Mo em três locais distintos sendo os solos destes locais classificados de acordo com a EMBRAPA (2006), conforme descrição a seguir:

Usina Bom Jesus

O primeiro experimento foi montado na usina Bom Jesus, localizada no município do Cabo de Santo Agostinho, no estado de Pernambuco (08°15'00" – Latitude sul e 35°05'00" – Longitude oeste). O clima predominante na região, segundo o sistema Köppen, é Ams', tropical chuvoso de monção com verão seco e temperatura média anual de 24,7°C. A. O solo da área foi caracterizado como ARGISSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico (PVA_{d1}). As características deste solo estão descritas nas tabelas 1, 2 e 3.

EECAC

O segundo experimento foi montado na estação na Estação Experimental de Cana de Açúcar do Carpina (EECAC), localizada no município de Carpina, no estado de Pernambuco (7°51'04" de Latitude Sul e 35°14'27" de Longitude Oeste). O clima predominante na região segundo sistema Köppen é As', tropical chuvoso com verão seco e temperatura média anual de 24,2°C. O solo da área experimental foi caracterizado como ARGISSSOLO VERMELHO AMARELO Distrocoeso (PA_{dx}), com as características descritas nas tabelas 1, 2 e 3.

Destilaria Japungu

Para a montagem do terceiro experimento foi escolhida uma área experimental na destilaria Japungu, localizada no município de Santa Rita, estado da Paraíba (6°59'31.153" de Latitude Sul e 30°58'38.418" de Longitude Oeste). O clima predominante na região, segundo sistema Köppen, é Am tropical chuvoso de monção com verão seco e temperatura média anual de 27°C. Sendo o solo da área experimental caracterizado como ARGISSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico (PVA_{d2}), cujas características encontram-se nas tabelas 1, 2 e 3.

3.4 Características químicas, físicas e mineralógicas dos solos

Coletou-se uma amostra composta de solo da área experimental nas profundidades de 0,0-0,30 e 0,30-0,60 cm, sendo retiradas cerca de 30 amostras simples para formar a amostra composta a cada profundidade, para a caracterização química, física e mineralógica (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1. Caracterização química dos solos das áreas experimentais nas profundidades de 0-0,30 e 0,30-0,60 m.

Característica	Solos					
	PVAd ₁ (Bom Jesus)		PAdx (EECAC)		PVAd ₂ (Japungu)	
	Profundidade (m)					
	0-0,3	0,3-0,6	0-0,3	0,3-0,6	0-0,3	0,3-0,6
pH (H ₂ O)	4,40	4,30	6,00	5,70	6,50	6,50
Fe (mg dm ⁻³)	186,6	245,8	101,1	118,4	29,70	48,80
Cu (mg dm ⁻³)	0,40	0,20	0,50	0,10	0,90	0,40
Zn (mg dm ⁻³)	4,90	4,20	8,70	9,10	5,30	2,40
Mn (mg dm ⁻³)	0,80	1,20	10,3	5,00	1,80	0,70
P (mg dm ⁻³)	4,00	3,00	25,00	28,00	7,00	3,00
Mo ¹ (mg dm ⁻³)	0,34	-	0,29	-	0,09	-
P-Rem (mg Lm ⁻¹)	11,99	-	34,72	-	40,67	-
CAMP (mg cm ⁻³)	0,9	-	0,52	-	0,26	-
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,06	0,06	0,15	0,09	0,04	0,02
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,01
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,20	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,50	0,50	2,53	1,55	1,00	0,50
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,50	0,50	1,55	1,99	0,90	0,50
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	5,90	4,10	2,20	4,20	1,40	0,90
COT (dag kg ⁻¹)	3,36	2,24	1,51	1,41	0,70	0,64
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,09	1,10	4,26	3,67	1,96	1,04
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,19	6,20	6,46	7,87	3,36	1,94
V (%)	13,36	17,72	65,94	46,64	58,35	53,52
m (%)	52,3	47,6	0,00	0,00	0,00	0,00

¹Teor de Molibdênio extraído com Mehlich-1

Tabela 2. Caracterização física dos solos das áreas experimentais na profundidade até 0,30 m.

Característica	Solos		
	PVAd ₁ (Bom Jesus)	PAdx(EECAC)	PVAd ₂ (Japungu)
Ds (g cm ⁻³)	1,08	1,36	1,50
Dp (g cm ⁻³)	2,53	2,56	2,67
Porosidade total (%)	57,31	46,87	43,82
CC (Mg Mg ⁻¹)	0,2206	0,1149	0,0439
PMP (Mg Mg ⁻¹)	0,1627	0,0672	0,028
Areia (g kg ⁻¹)	474	704	887
Silte (g kg ⁻¹)	70	80	35
Argila (g kg ⁻¹)	456	216	78
Ko (cm h ⁻¹)	19,52	58,78	39,12

Tabela 3. Minerais presentes na fração argila nos solos e quantidade de ferro amorfo e cristalino e sua relação nos solos das áreas experimentais na profundidade de 0-0,3m.

Solos	Minerais	Feo	Fed	Feo/Fed
		g kg ⁻¹		
PVAd ₁ (Bom Jesus)	Ct, Gb, Qz	2,65	18,98	0,14
PAdx (EECAC)	Ct, Gb, Gt, An, Qz	2,79	18,15	0,15
PVAd ₂ (Japungu)	Ct, Gt, Hm, An, Rt, Qz	0,18	13,81	0,01

Ct=caulinita; Gt=Goethita; Hm=hematita; An=Anatásio; Rt=Rutilo; Qz=Quatzo; Gb=Gibsite

3.5 Caracterização Pluvial

A pluviométrica foi obtida nos três locais onde os experimentos foram conduzidos, sendo as médias realizadas desde o mês de implantação ao último mês, o da colheita (Tabelas 4 e 5). Em dois campos experimentais foi utilizada irrigação devido ao déficit hídrico no período inicial. O experimento do PAdx (EECAC) recebeu uma lâmina de 50 mm nos meses de outubro e novembro de 2009. O experimento do PVAd₂ (Japungu) recebeu uma lâmina de 40 mm nos meses de novembro e dezembro (Tabela 6).

Tabela 4. Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do experimento no ano de 2009.

SOLO	2009				
	ago	set	out	nov	dez
	(mm)				
PVAd ₁	220,6	55,70	15,20	63,40	54,70
PAdx			3,7	15,9	23,0
PVAd ₂	-	-	-	9,4	18,2

Tabela 5. Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do experimento no ano de 2010.

SOLO	2010											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
	(mm)											
PVAd ₁	115,0	88,8	61,4	207,0	88,6	613,7	223,8	202,1	62,2	41,8	-	-
PAdx	82,8	24,4	64,8	101,9	40,3	423,8	121,2	85,1	45,2	14,9	19,9	-
PVAd ₂	160	72	24	146,3	79,4	156,6	93,8	135,3	29,7	75,6	10,0	59

Tabela 6. Irrigação realizada no ano de 2009 durante o a condução dos experimentos nos solos PAdx e PVAd₂.

SOLO	out	2009	
		nov	dez
		(mm)	
PAdx	50	50	-
PVAd ₂	-	40	40

A precipitação total pode ser observada considerando a soma das chuvas mais a irrigação realizada nos experimentos em todo o período experimental (Tabela 7).

Tabela 7. Precipitação total ocorrida durante a condução dos experimentos nos anos de 2009 e 2010.

SOLO	Precipitação	Irrigação	TOTAL
		(mm)	
PVAd ₁	2114,0	-	2114,0
PAdx	1066,9	100	1166,9
PVAd ₂	1069,3	80	1149,3

3.6 Avaliação dos dados obtidos

Ao final do ciclo de cana planta aos 14 meses após o plantio, antes do corte dos experimentos foram retiradas 24 plantas de cada parcela, que foram separadas em duas porções de 12 plantas sendo uma porção enviada ao laboratório das usinas para análise tecnológica, onde foram determinados os valores de Brix da cana (teor de sólidos solúveis), Açúcares Polarizáveis (Pol), percentual de POL na cana (PC), e Açúcares Redutores Totais Recuperáveis (ATR). A outra porção de 12 plantas de cada experimento foi levada à EECAC, onde foram separadas em colmo, folha e ponteiro para análises de composição das partes da planta. A produtividade agrícola da cana-de-açúcar em tonelada de Colmos por hectare (TCH) foi avaliada por pesagem feita no campo logo após o corte com a utilização de dinamometro, e a Produção de Açúcar por Hectare (TPH) foi calculada com base nos dados tecnológicos e da produtividade.

As partes fracionadas da amostras foram pesadas, passadas em forrageira e levadas para secagem em estufa de circulação forçada a 65° C até atingir peso constante. Para determinação do N-total, as amostras foram

digeridas em solução sulfúrica e analisadas pelo método de Kjeldahl (Malavolta et al., 1997). Para determinação do teor de molibdênio as amostras das partes da planta foram digeridas por meio de solução nitroperclórica, seguindo método descrito por Polidoro et al. (2006) e a determinação utilizada foi a do método catalítico, em que a oxidação de iodeto com peróxido de hidrogênio em meio ácido é catalisada pelo Mo, determinado por colorimetria (EMBRAPA, 1997). A partir dos teores obtidos foi calculado o conteúdo de nitrogênio e molibdênio nas partes da planta.

3.7. Planejamento estatístico dos dados

Os resultados avaliados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade. Para isso, foram verificadas a significância dos parâmetros sendo priorizada a interação entre Mo e N, quando a interação foi significativa. Quando a interação não foi significativa, estudaram-se os efeitos principais isoladamente para os parâmetros em que se obteve diferença significativa. Foram estabelecidos modelos de regressão múltiplo, quando a interação foi significativa e modelos de regressão simples quando obtida diferença significativa para os efeitos principais isoladamente. As regressões foram estabelecidas para as variáveis dependentes em função das doses de Mo e N aplicadas, observando-se a significância dos parâmetros e o coeficiente de determinação.

4.Resultados e discussão

4.1.1 Teores de Mo e N em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e molíbdica

Os teores de Mo e N nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta foram influenciados pelas doses aplicadas dos dois nutrientes, bem como foram obtidos efeitos isolados das doses de N e das doses de Mo, e ainda ocorreram efeitos relacionados à interação. Os efeitos variaram de acordo com a parte da planta analisada e com o local, ou seja, as diferentes partes da planta foram influenciadas de forma diferenciada para cada local, sendo significativas as doses aplicadas dos nutrientes estudados para uma determinada parte da planta em um local, e a mesma parte não sendo influenciada de maneira significativa em outro local (Tabelas 8, 9 e 10). A variação dos teores das partes da planta em relação à adubação nitrogenada e/ou molíbdica utilizada pode estar relacionada a diversos aspectos, como por exemplo: a quantidade de chuva, disponibilidade hídrica, intensidade luminosa, teor de argila e qualidade dos argilominerais, teor de matéria orgânica, quantidade de óxidos e hidróxidos e, ainda, quantidade e espécies de microorganismos.

Na tabela 8 é possível observar na análise de variância para o PVAd₁, que o componente folha da parte aérea não apresentou diferença significativa para os tores de N em função da adubação utilizada, no entanto mesmo sem diferenças estatísticas é importante observar que o teor de N na ausência de Mo foi de 2,95 g kg⁻¹, chegando a valores de 3,80 g kg⁻¹ de N com aplicação de 400 g ha⁻¹ de Mo. É provável que o elevado coeficiente de variação dos dados de teores de N no componente folha da parte aérea da cana (tabela 8) não tenha permitido se constatar diferenças estatísticas significativas para os teores de N em função da aplicação de Mo. Há um efeito evidente de crescimento de teor de N, com a adubação molíbdica. Foi possível se observar também um pequeno incremento no teor de N nas folhas de cana com o aumento das doses de N, porém sem efeito significativo.

Para o componente colmo foi observada diferença significativa com aumento nos teores de N em função das doses de N aplicadas. No entanto, sem efeito da aplicação de Mo sobre os teores de N.

No componente ponteiro se observou diferenças significativas nos teores de N na cana, tanto com o aumento das doses de N, como com o aumento das doses de Mo. Isso significa que a adubação molíbdica influenciou positivamente a absorção e assimilação de N pelos ponteiros, possivelmente pela ação do Mo na atividade das enzimas nitrogenase e reductase do nitrato (PESSOA et al, 2001; GELAIN et al,2011).

Quando se analisou os teores de Mo nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar no local observou-se diferença significativa entre a aplicação de N e Mo nos teores de Mo na folha (Tabela 8), mostrando que esses teores foram influenciados tanto pela adubação nitrogenada, como molíbdica. Assim, pode-se inferir que o N também potencializa a absorção e assimilação de Mo.

Para o componente colmo da parte aérea não foram observadas diferenças significativas para nenhum dos efeitos, ou seja, a aplicação de N e Mo não alteraram os teores de Mo no colmo da cana (Tabela 8). Mas ainda assim foi possível observar uma tendência de aumento nos teores de Mo com o aumento das doses de Mo aplicadas no solo.

No componente ponteiro foram observadas diferenças significativas para as doses de N, mostrando que a adubação nitrogenada potencializa a absorção e o acúmulo de Mo no ponteiro, como foi também observado para o componente folha da parte aérea da cana. Porém, não se constatou incremento nos teores de Mo com a adubação molíbdica. No entanto, mesmo não sendo observada diferença estatística significativa, os teores de Mo no ponteiro aumentaram a medida em que se aumentaram as doses de Mo aplicadas no solo.

É importante observar em relação aos teores de N, que em todas as partes da planta de cana foi possível se verificar que mesmo não se aplicando N, com a adição de Mo, os teores de N cresceram, o que serve como indicativo da ação do Mo na assimilação do N.

Tabela 8. Teor de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd₁, PE.

Fator	Componente da parte aérea																	
	Folha						Colmo					Ponteiro						
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	Teor de N (g kg ⁻¹)																	
0	3,10	3,25	2,06	3,01	3,32	2,95	2,48	2,20	2,69	3,88	3,60	2,97	5,54	7,24	6,68	5,84	6,59	6,38
200	4,02	2,67	3,46	4,37	3,60	3,62	2,48	2,48	2,62	2,41	3,04	2,61	6,47	7,38	8,36	7,19	7,94	7,47
400	3,41	4,65	3,46	3,04	4,44	3,80	2,29	2,76	2,83	3,53	2,48	2,78	6,26	7,24	7,43	7,24	8,29	7,29
800	2,66	3,60	3,18	3,53	3,57	3,31	2,95	2,20	2,83	2,87	2,97	2,76	6,40	6,54	7,38	6,49	6,77	6,72
1600	3,74	2,97	2,90	3,04	4,44	3,42	2,27	1,85	2,48	2,69	2,90	2,44	6,49	6,82	7,38	7,10	6,61	6,88
Média	3,38	3,43	3,01	3,40	3,87		2,49	2,30	2,69	3,08	3,00		6,23	7,04	7,45	6,77	7,24	
N	F						F					F						
	1,39 ^{NS}						3,01*					3,96**						
Mo	1,57 ^{NS}						1,11 ^{NS}					3,45*						
N x Mo	0,97 ^{NS}						0,76 ^{NS}					0,62 ^{NS}						
C.V. (%)	33,96						31,29					15,21						
	Teor de Mo (mg kg ⁻¹)																	
0	0,06	0,07	0,08	0,04	0,07	0,06	0,16	0,08	0,07	0,10	0,12	0,11	0,24	0,20	0,18	0,24	0,20	0,21
200	0,06	0,06	0,10	0,10	0,04	0,07	0,20	0,13	0,11	0,14	0,22	0,16	0,31	0,35	0,20	0,26	0,22	0,27
400	0,08	0,16	0,11	0,19	0,14	0,14	0,12	0,16	0,09	0,15	0,21	0,15	0,28	0,38	0,24	0,31	0,17	0,28
800	0,06	0,10	0,18	0,16	0,14	0,13	0,25	0,17	0,11	0,18	0,18	0,18	0,34	0,25	0,20	0,34	0,18	0,26
1600	0,08	0,08	0,12	0,07	0,13	0,10	0,17	0,12	0,26	0,16	0,15	0,17	0,18	0,32	0,23	0,31	0,21	0,25
Média	0,07	0,09	0,12	0,11	0,11		0,18	0,13	0,13	0,14	0,18		0,27	0,30	0,21	0,29	0,20	
N	F						F					F						
	2,60**						1,15 ^{NS}					6,39*						
Mo	5,82*						1,53 ^{NS}					1,79 ^{NS}						
N x Mo	1,05 ^{NS}						0,72 ^{NS}					1,20 ^{NS}						
C.V. (%)	57,03						65,75					33,28						

^{NS} Não significativo; ***, **, * Significativos aos níveis de 0,1; 1 e 5 %

No PAdx (Tabela 9) foi possível observar que em todos os componentes da parte aérea da cana os teores de N foram influenciados pela adubação nitrogenada, sendo o comportamento sempre com tendência de aumento do teor com o aumento nas doses de N aplicadas no solo. Foi observado também efeito significativo do aumento dos teores de N como aumento das doses de Mo para a componente folha, com os teores de N crescendo conforme foram aumentando as doses aplicadas de Mo. Mesmo nos componentes colmo e ponteiro onde os teores de N não apresentaram diferenças significativas, se observou que esses teores também apresentaram tendência de crescimento com a aplicação de Mo. Isso evidencia que mesmo para um local de cultivo diferente, a aplicação de Mo tem se mostrado propulsora de N em cana, mostrando a importância que esse micronutriente pode ter num programa de adubação nitrogenada. Foram observados também efeitos significativos para a interação N com Mo nos teores de N na folha e no colmo, onde é possível verificar que a medida em que se aumenta a aplicação dos nutrientes os teores aumentam em relação a parcela sem aplicação dos fertilizantes (Tabela 9).

As interações entre N e Mo nos teores de N podem indicar uma maior dependência da planta ao Mo, que pode estar relacionada as formas de N acessadas pela planta durante o seu ciclo de desenvolvimento.

Com relação aos teores de Mo verificou-se que a aplicação de N não influenciou os teores de Mo em nenhum dos componentes da parte aérea da cana, ou seja, a adubação nitrogenada não potencializou a nutrição molíbdica (Tabela 9). Esse resultado diferiu do que se observou no PVAd₁. É possível que no PAdx a aplicação de N não tenha facilitado a absorção de outros nutrientes, entre eles o Mo. O regime hídrico pode ter sido determinante para que essa influência de N não fosse evidenciada. Por outro lado, a aplicação de Mo refletiu positivamente no aumento dos teores de Mo em todos os componentes da parte aérea da cana planta, mostrando que a aplicação de Mo no fundo do sulco de plantio, mostrou-se eficiente para uma absorção adequada de Mo na parte aérea da cana-de-açúcar.

No PVAd₂ (Tabela 10), os resultados obtidos demonstraram efeito significativo para os teores de N em função das doses aplicadas de N para os componentes folha e ponteiro da parte aérea da cana, ocorrendo aumento no teor de N com o aumento nas doses de N aplicadas ao solo. Foi observado também incremento no teor de N no ponteiro em função das doses de Mo

aplicadas, demonstrando mais uma vez e em outro local uma relação entre os dois nutrientes nesta parte da planta. É provável que o ponteiro por ser o tecido mais jovem da cana e com maior atividade metabólica, tenha se comportado de modo que com o aumento dos teores de N a planta tenha translocado Mo para metabolizar o N absorvido na forma de nitrato.

A adubação nitrogenada só influenciou os teores de Mo no componente ponteiro. O N não potencializou a absorção de Mo nas folhas e colmo, assim como aconteceu no PAdx. Os teores de Mo foram influenciados pela aplicação de Mo ao solo, demonstrando também nesse local que a aplicação de Mo no fundo do sulco é uma alternativa inovadora de metodologia de manejo para cana-de-açúcar em Pernambuco, principalmente porque, como se tem demonstrado, potencializa a absorção e assimilação de N, evitando o uso de grandes quantidades de N no manejo da cana. Isso se evidencia ainda mais, porque a interação entre N e Mo é significativa estatisticamente quando se analisa os teores de Mo nas folhas e ponteiro da cana planta (Tabela 10). Os aumentos nos teores de Mo podem indicar uma exigência pelo nutriente quando se eleva os teores de N na planta. Fato que pode ser corroborado pela interação significativa das doses de N e Mo nos teores Mo, demonstrando haver uma relação direta com as doses de N aplicadas, que conseqüentemente elevou os teores de N e aumentou a necessidade ou a utilização do Mo nesta parte da planta.

É importante observar que de forma geral nos três locais estudados, com a aplicação de Mo ocorreu tendência de um maior teor de N e de Mo em todos os tratamentos, e em muitos casos o teor de N somente com aplicação de Mo é maior do que quando se aplica o N isoladamente. Assim, mesmo em alguns casos não se obtendo diferenças estatisticamente significativas é possível supor que o Mo influenciou de maneira direta os teores de N na cana-de-açúcar no ciclo de cana planta, e as respostas relacionadas aos diferentes locais provavelmente esta relacionada a forma como o N foi disponibilizado e assimilado pela planta, com uma forte relação com o regime hídrico de cada local de cultivo. Desta forma, observando os efeitos estatísticos que foram significativos ajustaram-se modelos de regressão para os efeitos principais quando a interação não foi significativa. Quando a interação N com Mo foi significativa os efeitos principais foram descartados e estudou-se a interação buscando o ajuste de equações de regressões múltiplas.

Tabela 9. Teor de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no local PAdx, PE.

Fator	Componente da parte aérea																	
	Folha						Colmo						Ponteiro					
	N (kg ha ⁻¹)						N (kg ha ⁻¹)						N (kg ha ⁻¹)					
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	Teor de N (g kg ⁻¹)																	
0	3,39	5,00	5,56	5,96	5,84	5,15	2,27	2,69	2,90	2,79	3,81	2,89	5,14	7,80	7,10	7,38	7,38	6,96
200	5,00	6,60	7,46	6,05	5,70	6,16	2,13	4,51	2,69	2,83	2,55	2,94	6,33	7,12	9,13	7,57	7,73	7,58
400	4,52	6,97	7,07	5,56	5,56	5,94	2,06	2,87	2,24	3,25	3,81	2,85	6,78	7,16	8,23	7,20	8,36	7,55
800	5,70	6,11	6,88	5,35	7,66	6,34	2,48	1,94	2,67	3,81	3,04	2,79	7,27	7,46	7,18	7,66	7,66	7,45
1600	6,33	7,93	7,39	4,72	7,37	6,75	2,48	3,52	2,69	3,81	3,59	3,22	6,44	7,51	7,80	7,87	8,07	7,54
Média	4,99	6,52	6,87	5,53	6,43		2,28	3,11	2,64	3,30	3,36		6,39	7,41	7,89	7,53	7,84	
N	F						F						F					
	9,71**						6,93**						7,50**					
Mo	5,60**						0,91 ^{NS}						1,36 ^{NS}					
N x Mo	2,05*						2,35**						1,31 ^{NS}					
C.V. (%)	18,46						26,71						13,34					
	Teor de Mo (mg kg ⁻¹)																	
0	0,07	0,06	0,12	0,21	0,16	0,12	0,08	0,09	0,13	0,07	0,10	0,09	0,19	0,20	0,17	0,17	0,21	0,19
200	0,08	0,17	0,21	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,20	0,10	0,15	0,15	0,28	0,27	0,27	0,21	0,21	0,25
400	0,14	0,12	0,21	0,22	0,25	0,19	0,17	0,11	0,19	0,10	0,18	0,15	0,29	0,26	0,28	0,22	0,30	0,27
800	0,30	0,23	0,25	0,21	0,21	0,24	0,18	0,18	0,17	0,14	0,19	0,17	0,27	0,24	0,26	0,25	0,30	0,26
1600	0,23	0,24	0,20	0,29	0,20	0,23	0,22	0,23	0,17	0,19	0,19	0,20	0,28	0,26	0,28	0,25	0,35	0,29
Média	0,17	0,16	0,20	0,22	0,20		0,16	0,15	0,17	0,12	0,16		0,26	0,25	0,25	0,22	0,28	
N	F						F						F					
	1,88 ^{NS}						1,36 ^{NS}						1,00 ^{NS}					
Mo	1,63**						5,87**						3,57*					
N x Mo	1,20 ^{NS}						0,50 ^{NS}						0,30 ^{NS}					
C.V. (%)	44,356						46,50						36,37					

^{NS} Não significativo; **, * Significativos aos níveis de 1 e 5

Tabela 10. Teor de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no local PVAd₂, PB.

Fator	Componente da parte aérea																	
	Folha						Colmo						Ponteiro					
	N (kg ha ⁻¹)						N (kg ha ⁻¹)						N (kg ha ⁻¹)					
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	Teor de N (g kg ⁻¹)																	
0	5,00	4,72	6,47	6,33	5,90	5,68	1,61	2,06	1,99	2,48	2,20	2,07	5,21	5,70	5,81	5,77	7,87	6,07
200	5,39	5,42	5,56	5,42	5,84	5,53	2,34	1,78	2,48	2,41	2,62	2,33	5,21	5,84	5,84	6,61	5,81	5,86
400	4,83	5,56	5,91	5,91	5,46	5,53	1,71	1,38	2,17	2,06	1,61	1,78	5,91	6,89	5,35	6,54	5,77	6,09
800	5,28	5,25	5,11	4,93	6,44	5,40	1,29	1,85	2,06	1,92	2,13	1,85	4,90	6,61	6,19	6,89	6,96	6,31
1600	5,53	4,72	5,91	6,02	6,09	5,65	2,48	2,06	1,85	1,57	2,76	2,14	6,30	6,82	6,26	6,26	7,45	6,62
Média	5,20	5,13	5,79	5,72	5,94		1,89	1,83	2,11	2,09	2,26		5,50	6,37	5,89	6,41	6,77	
N	F						F						F					
Mo	3,74*						1,58 ^{NS}						6,52**					
N x Mo	0,36 ^{NS}						2,44 ^{NS}						2,18 ^{NS}					
	1,19 ^{NS}						1,23 ^{NS}						1,94*					
C.V. (%)	15,23						31,11						14,05					
	Teor de Mo (mg kg ⁻¹)																	
0	0,07	0,06	0,12	0,21	0,16	0,12	0,08	0,09	0,13	0,07	0,10	0,09	0,19	0,20	0,17	0,17	0,21	0,19
200	0,08	0,17	0,21	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,20	0,10	0,15	0,15	0,28	0,27	0,27	0,21	0,21	0,25
400	0,14	0,12	0,21	0,22	0,25	0,19	0,17	0,11	0,19	0,10	0,18	0,15	0,29	0,26	0,28	0,22	0,30	0,27
800	0,30	0,23	0,25	0,21	0,21	0,24	0,18	0,18	0,17	0,14	0,19	0,17	0,27	0,24	0,26	0,25	0,30	0,26
1600	0,23	0,24	0,20	0,29	0,20	0,23	0,22	0,23	0,17	0,19	0,19	0,20	0,28	0,26	0,28	0,25	0,35	0,29
Média	0,17	0,16	0,20	0,22	0,20		0,16	0,15	0,17	0,12	0,16		0,26	0,25	0,25	0,22	0,28	
N	F						F						F					
Mo	1,31 ^{NS}						1,36 ^{NS}						4,6***					
N x Mo	5,04**						5,87**						4,63**					
	1,94*						0,50 ^{NS}						4,02***					
C.V. (%)	43,00						46,50						29,81					

^{NS} Não significativo; ***, **, * Significativos aos níveis de 0,1; 1 e 5 %

Quando se trata do Mo, por se apresentar no solo na forma de anión é passível de sofrer interações com a matriz do solo, o que pode afetar sua disponibilidade para as plantas e causar diferentes variações na utilização deste nutriente dependendo das condições do local. Na tabela 11 podem ser observados os coeficientes de correlação linear simples entre os teores de Mo nas partes da planta e características químicas e físicas dos solos nos diferentes locais. Assim constatou-se que características inerentes ao solo podem influenciar de maneira positiva ou negativa a assimilação de Mo que como consequência pode fazer com que ocorra diferenças no comportamento do elemento dentro da planta, porque sua translocação entre as partes da cana-de-açúcar sofre dependência direta da sua disponibilidade.

Na cultura da cana-de-açúcar foram relatadas diferenças em relação à utilização dos nutrientes, que podem variar entre variedades e entre locais (GOMES, 2003). No presente trabalho a variedade utilizada foi à mesma para todos os locais, desta forma pode ser considerado que as diferenças nas variações dos teores nas diferentes partes das plantas sofreram influencia do fator local, assim os teores de N e Mo podem variar de acordo com os componentes da parte aérea da cana e ainda estarem sujeitos às condições locais do local, que tem influencia direta na disponibilidade dos nutrientes, e como consequência pode causar diferenças nos efeitos relacionados à adubação aplicada (OTTO et al., 2007; PEREIRA, 2010).

Tabela 11. Correlação linear simples entre características químicas e físicas dos solos nos locais de cultivo PVAd₁, PAdx e PVAd₂ com os teores de molibdênio nos componentes da parte aérea de cana-de-açúcar.

Características	Teor de molibdênio		
	Folha	Colmo	Ponteiro
CMAp	-0,915 ^{NS}	-0,807 ^{NS}	0,807 ^{NS}
ARGILA	-0,933 ^{NS}	-0,779 ^{NS}	0,779 ^{NS}
P-rem	0,981 ^o	0,661 ^{NS}	-0,661 ^{NS}
COT	-0,976 ^o	-0,677 ^{NS}	0,677 ^{NS}
Fed	-0,624 ^{NS}	-0,989 [*]	-0,989 [*]
Feo	-0,458 ^{NS}	-0,999 ^{***}	0,999 [*]
Fed/Feo	-0,444 ^{NS}	0,998 ^{***}	0,999 ^{***}

^o, * e *** significativo a 10, 5 e 0,1% de probabilidade. ^{NS} não significativo

4.1.2 Teor de Mo em função da adubação nitrogenada

As regressões que relacionam teor de Mo em função da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar constatam que os teores de Mo são pouco

influenciados pela aplicação de N, principalmente em solos mais arenosos como o PAdx e PVAd₂. Apesar da diferença significativa não foi possível o ajuste de equação de regressão para o PVAd₂ (Figura 1). Apenas no componente folha da parte aérea da cana no PVAd₁ (Figura 2), foi possível ajuste de modelo quadrático, no entanto o componente ponteiro apesar da significância da análise da variância (Tabela 8), não foi possível o ajuste de equação de regressão com parâmetros significativos. No ponteiro houve aumento dos teores de Mo com aumento das doses de N. Como o ponteiro é a parte mais fotossinteticamente ativa e é maior a exigência do N, também seria a parte da planta onde o Mo estaria sendo mais exigido e, conseqüentemente em caso de disponibilidade adequada, para onde estaria sendo deslocado. Assim pode-se observar que o aumento dos teores de Mo se dar por um aumento da necessidade de metabolizar o N. Com isso se pode sugerir que no PVAd₁ a planta foi suprida com formas de N mais dependentes das enzimas onde o Mo atua, o que serve como indicativo da diferença que se deve ter no manejo da aplicação de N e Mo e das respostas satisfatórias da utilização desses dois nutrientes em um programa de nutrição de cana-de-açúcar. Contudo em algumas pesquisas com cana tem-se relacionado o acúmulo de outros nutrientes a utilização da adubação nitrogenada, no entanto relatos relacionados ao Mo ainda são pouco abordados. Oliveira (2011), observou que a adubação nitrogenada não aumentou a concentração de outros nutrientes nos compartimentos da cana-de-açúcar avaliados, no entanto houve uma maior extração de macronutrientes e Zn, ainda observou redução na extração de boro e não observou influencia em relação a extração de outros micronutrientes. Prospectando a regressão do teor de Mo nas folhas da cana planta em função da aplicação de N no PVAd₁, observou-se que o maior teor de Mo (0,12 mg kg⁻¹) poderia ser obtido com uma dose máxima de 77,8 kg ha⁻¹ de N, a partir da qual os teores de Mo decrescem, mesmo a taxas pequenas podendo ser um indício de que com doses elevadas de N fertilizante a dependência da planta pelo Mo seja diminuída, em função da inibição da atividade de bactérias fixadoras de N pela ação do N aplicado, ou por uma maior proporção de N na forma de amônio devido a adubação. Assim a exigência pelo Mo seria menor e não haveria a necessidade de uma maior translocação do nutriente para esta parte da planta.

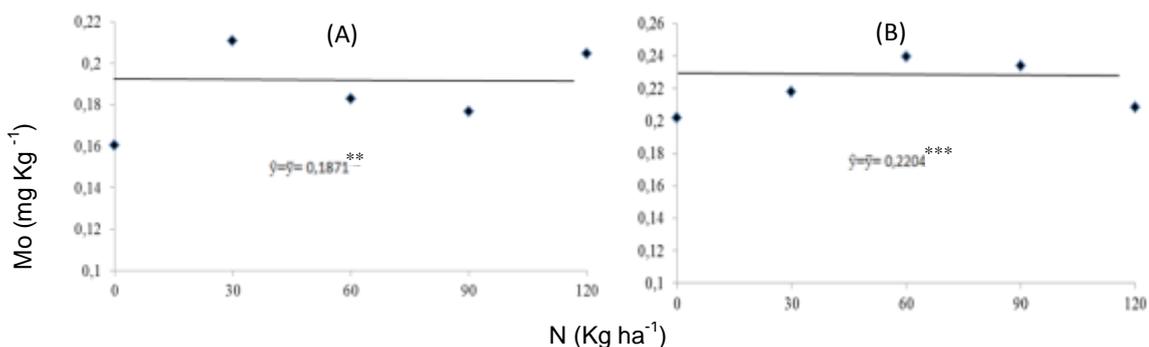


Figura 1. Teor de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha e (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no solo do local PVAd₂.

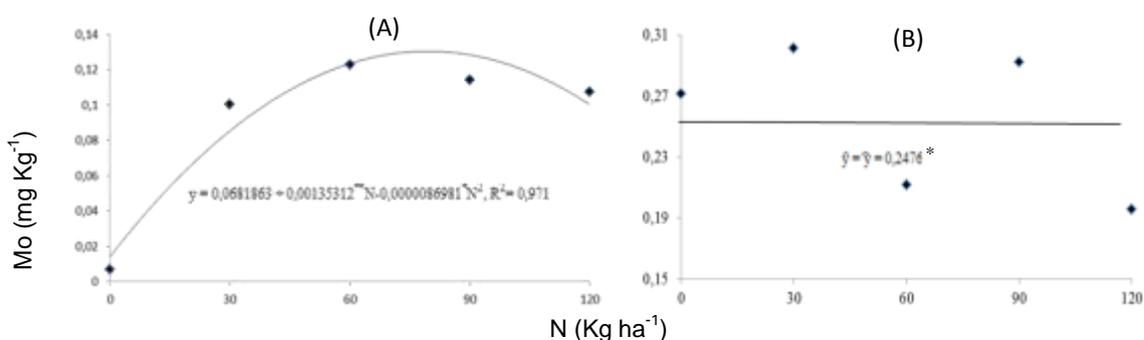


Figura 2. Teor de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha e (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no solo do local PVAd₁.

4.1.3. Teor de Mo em função da adubação molíbdica

Com relação ao efeito das doses de Mo foi observado aumento nos teores de Mo com o aumento nas doses para a componente folha da parte aérea da cana planta nos três locais avaliados, sendo possível o ajuste de regressões para expressar o fenômeno biológico (Figuras 3, 4 e 5). No PVAd₁ o teor de Mo na testemunha foi 0,07 mg kg⁻¹ e quando se aplicou a primeira dose de Mo o teor foi elevado para 0,10 mg kg⁻¹, a partir daí os incrementos foram da ordem de 0,01 mg kg⁻¹ com o aumento das doses, chegando ao valor de 0,12 mg kg⁻¹ na última dose de Mo aplicada. No PAdx o teor inicial de Mo para o componente folha na testemunha foi de 0,13 mg kg⁻¹ e seguiu crescendo com o incremento das doses, chegando ao valor de 0,23 mg kg⁻¹. Para o PVAd₂ no componente folha da parte aérea, os teores de Mo foram de 0,13 mg kg⁻¹ na testemunha e de 0,24 mg kg⁻¹ na maior dose.

No PVAd₁ (Figura 3), os dados permitiram o ajuste de uma equação do tipo raiz quadrada, que possibilitou calcular a dose de Mo que proporcionou o máximo teor do elemento na folha, que foi de 0,09 mg kg⁻¹ para a dose de 469 g ha⁻¹ de Mo. No PAdx (Figura 4) os dados se ajustaram a um modelo quadrático, que também permitiu calcular a dose de Mo para o máximo teor na folha, que foi de 1.177 g ha⁻¹ que correspondeu a um teor estimado de 0,25 mg kg⁻¹. No PVAd₂ os dados se ajustaram a modelo linear havendo um crescimento no teor de Mo com o aumento das doses de Mo aplicadas, com os teores variando de 0,15 a 0,24 mg kg⁻¹. Polidoro (2001) avaliando lavouras canavieiras de varias regiões do país encontrou valores para o teor de Mo na folha diagnostico (folha +3) variando de 0,13 a 1,82 mg kg⁻¹.

Ressalte-se que no caso dessa pesquisa, o componente folha da parte aérea da cana foi composto por todas as folhas verdes, exceto as do componente ponteiro. Assim, é de se esperar que os teores de Mo nessas folhas sejam menores do que na folha diagnostico, por um mais provável efeito de diluição no componente folha.

De maneira geral, os solos mais arenosos dos locais PAdx e PVAd₂ apresentaram uma maior relação entre teores de Mo presentes nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar com a adubação molíbdica do que o local PVAd₁ de solo mais argiloso, que provavelmente influencia a disponibilidade de Mo.

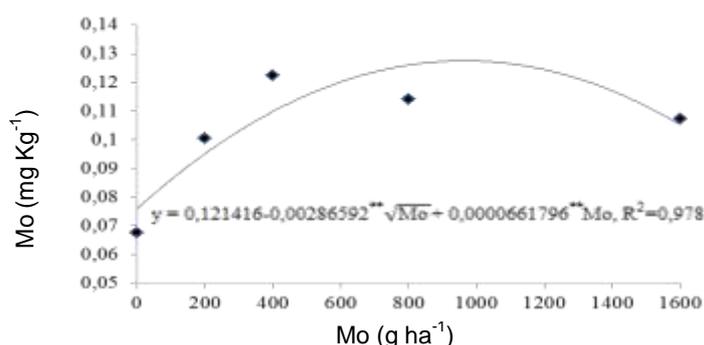


Figura 3. Teor de molibdênio no componente folha, aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd₁.

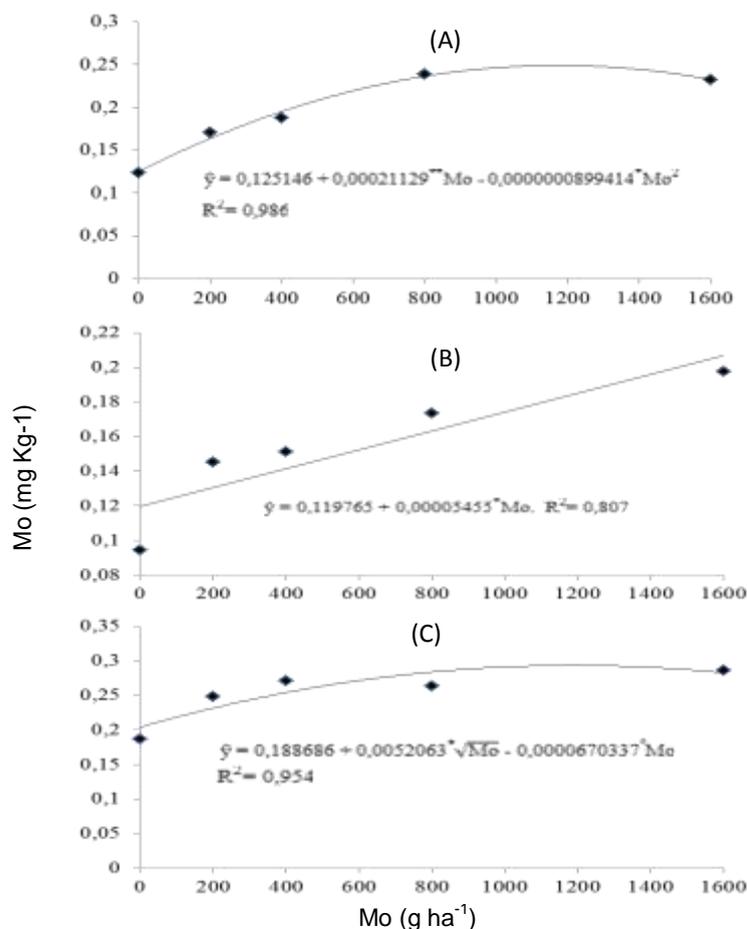


Figura 4. Teor de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) Folha, (B) Colmo e (C) Ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PAdx.

Como é possível observar, os teores de Mo encontrados nas plantas de cana-de-açúcar no PAdx e PVAd₂ são muito próximos numericamente. Assim observando os teores de Mo foliares nos locais pode-se presumir que as condições do PVAd₁ restringiram a disponibilidade do nutriente para a planta. Pode-se supor que características como o teor de argila e a qualidade dos argilominerais do solo tenha influenciado diretamente essa disponibilidade (Tabela 2 e 3). O solo do PVAd₁ foi o que apresentou o maior teor de argila (Tabela 2), e ainda considerando que no solo o Mo esta presente na forma de molibdato, ou seja, um ânion, o mesmo é passível de ser adsorvido pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al no solo, como acontece com o íon fosfato em solos intemperizados.

Também foi possível o ajuste de modelos de regressão para os teores de Mo no colmo da cana planta no PAdx e PVAd₂ (Figuras 4 e 5) em função da aplicação de Mo. Isto é um fato importante de ser observado, pois pesquisas

indicam que o Mo quando em elevada disponibilidade é facilmente e rapidamente transcolado dentro da planta (MORAES et al 2008). As equações de regressão ajustadas foram lineares com teores de Mo no componente colmo da parte aérea na testemunha de 0,12 e 0,18 mg kg⁻¹ e de 0,23 e 0,24 para a maior dose nos locais PAdx e PVAd₂, respectivamente.

Também foram obtidos efeitos estatísticos significativos para o teor de Mo no ponteiro da cana planta em função da aplicação de Mo no solo do PAdx, cujo comportamento dos dados permitiu ajuste quadrático (Figura 4). Com isso calculou-se a dose de 1.058 g ha⁻¹ como a dose de máxima eficiência agrônômica (MEA) que correspondeu a teor máximo de 0,29 mg kg⁻¹ de Mo nas folhas do ponteiro. Estes teores mais uma vez servem como indícios de que no PAdx a planta teve acesso ao Mo disponível do solo, satisfazendo suas necessidades nutricionais. Considerando a mobilidade do Mo é de se esperar que sua deficiência se apresente primeiramente nas plantas mais jovens (PEREIRA 2010). Os teores observados no ponteiro, ou seja, a parte mais jovem da planta corroboram o que foi observado e comentado anteriormente, que no PAdx o Mo se apresentou mais disponível.

A elevação do pH do solo pode aumentar a disponibilidade do Mo em até mil vezes, e em alguns solos somente a prática da calagem pode ser suficiente para disponibilizar Mo em quantidades adequadas para as plantas (QUAGGIO et al., 2004). No entanto, mesmo com a correção do solo com a calagem, o PVAd₁ disponibilizou menos Mo para as plantas, demonstrando que o dreno deste solo por Mo é maior do que os demais. Comparativamente, os solos dos PAdx e PVAd₂ têm uma diferença de aproximadamente 17% no teor de argila (Tabela 2), no entanto os teores de Mo encontrados nos componentes da parte aérea deles foram relativamente semelhantes. A diferença dos teores de argila do PVAd₁ para o PAdx é de aproximadamente 24%, e cerca de 37% em relação ao PVAd₂. Com isso podemos supor que a qualidade dos argilominerais influenciaram a disponibilidade do Mo no solo mais do que o teor de argila. Portanto estudos complementares em relação à mineralogia desses solos podem auxiliar a entender melhor os fenômenos observados.

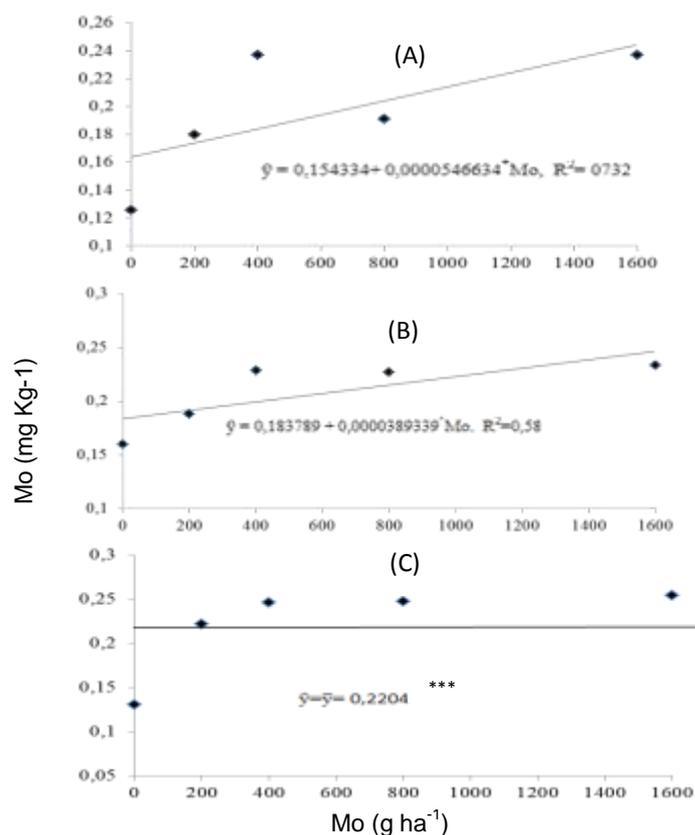


Figura 5. Teor de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) Folha, (B) Colmo e (C) Ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd₂.

Assim algumas ponderações podem ser feitas a respeito da disponibilidade de Mo nestes locais. A primeira consideração pode ser feita em relação ao teor de argila que parece ter influencia, mais até certo ponto, onde outros fatores podem passar a ter maior responsabilidade na disponibilidade. Pode e deve ser considerada também a qualidade do argilomineral, e ainda o conteúdo volumétrico de água nos solos pesquisados.

Contudo apesar da diferença entre os locais, os teores Mo nos componentes da parte aérea da cana planta observados estão dentro da faixa considerada crítica por alguns autores (MALAVOLTA, 1997; POLIDORO, 2001). Pode-se supor que mesmo com maior teor de argila e maior acidez inicial, a correção realizada no solo do PVAd₁ foi adequada para disponibilizar quantidades suficientes para a planta, ou ainda que a planta se utilizou de mecanismos fisiológicos para aumentar sua eficiência de utilização de Mo, fato que fica mais evidente quando são observadas as produtividades obtidas no local PVAd₁ que foram elevadas, chegando a 105 t ha⁻¹ (Tabela 16), e bem próximas as obtidas no PAdx, demonstrando que o Mo não foi o fator limitante.

Pereira (2010) trabalhando com milho em dois locais diferentes, observou que os teores de Mo em folha, caule e grãos foram muito próximos, e a isto o autor atribuiu a um suprimento adequado de Mo.

4.1.4. Teor de Mo em função da interação da adubação nitrogenada e molíbdica

Os teores de Mo no componente ponteiro da parte aérea da cana planta no local PVAd₂ foram influenciados pela adubação nitrogenada, porém dependeram também da adubação molíbdica (Figura 6). Pode-se observar que os teores de Mo cresceram com o aumento das doses de Mo, constatando-se que a combinação do aumento das doses com as condições locais favorecidas pelo elevado teor de areia do solo que, provavelmente, não adsorveu ou pouco adsorveu o Mo aplicado.

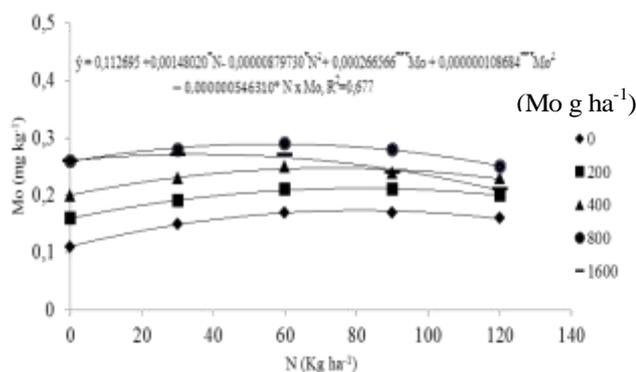


Figura 6. Teor de molibdênio em função da interação adubação nitrogenada e molíbdica no componente ponteiro da parte aérea da cana-de-açúcar no PVAd₂.

Os dados de teor de Mo constataram que em todos os locais os teores de Mo cresceram acompanhando o aumento das doses do nutriente (Tabelas 8, 9 e 10). No entanto, os efeitos obtidos foram isolados como efeitos principais. O fenômeno aqui observado demonstra uma interdependência, contudo considerando o aumento dos teores de Mo, é provável que com o aumento das doses de N, o Mo tenha sido exigido em maior quantidade até certo ponto. A partir daí, com o aumento das doses de N houve uma tendência de queda nos teores de Mo, isto pode estar ligado ao fato de que com o aumento das doses de N maior quantidade de N mineral foi fornecida diminuindo a fixação biológica e conseqüentemente à necessidade de Mo ou ainda devido a uma menor atividade dos microorganismos fixadores que foram inibidos pelo maior fornecimento de N nas maiores doses do ensaio. Polidoro

(2001) não encontrou relação no teor de Mo em função da interação N com Mo e mesmo quando estudou os efeitos principais, as doses de N não tiveram influência sobre o teor de Mo em plantas de cana planta. Contudo, os teores observados ficaram dentro de uma faixa adequada para a cultura (POLIDORO et al., 2006).

4.1.5. Teor de N em função da adubação nitrogenada

Foram observados efeitos da aplicação de N nos teores de N nos componentes da parte aérea da cana planta nos três locais da pesquisa. No PVAd₁ os efeitos foram significativos para o componente colmo com os dados possibilitando um ajuste linear para esse efeito (Figura 7). No componente ponteiro apesar da significância do teste F da análise da variância (Tabela 8), os dados não permitiram ajuste significativo nos parâmetros da regressão. No entanto, onde foi possível ajustes, o modelo obtido demonstra o aumento dos teores de N com o aumento das doses de N aplicadas ao solo. Os teores de N no colmo, mesmo na parcela que não recebeu adubação nitrogenada, estão dentro dos patamares encontrados para a variedade estudada nesse ensaio (OLIVEIRA, 2008; SILVA, 2007).

Assim como no PVAd₁, no PAdx o ajuste dos dados só foi possível para o componente ponteiro (Figura 8). Contudo para o PAdx o modelo ajustado foi quadrático, apresentando ponto de máximo teor de N em função da aplicação de N. A dose de MEA para no local PAdx foi de 88,1 kg ha⁻¹ de N, para um teor máximo no ponteiro de 7,88 g kg⁻¹ de N. Por outro lado, esse dado revela que para solos de textura média na zona da mata norte de Pernambuco, o uso de cerca de 90 kg ha⁻¹ de N na cana planta é recomendável para uma adequada nutrição nitrogenada em cana planta. É importante observar que recomendações de N em cana planta elevadas como essa pode ser reduzida pelo uso de Mo, como tem sido constatado nesse ensaio.

No PVAd₂ (Figura 9), os dados permitiram ajuste para regressão apenas no componente folha da parte aérea da cana planta, com a obtenção de uma equação de regressão linear, indicando o crescimento contínuo dos teores de N com o aumento das doses de N aplicadas ao solo. Importante ressaltar que as folhas e os ponteiros são as partes mais fotossinteticamente ativas e que podem refletir melhor possíveis estados de carência do nutriente. No entanto,

Trivelin et al. (2002) trabalhando com cana planta não observaram aumento nos teores de N a medida em que aplicaram N.

O aumento nos teores de N, ou melhor a obtenção de diferenças nos teores em relação a aplicação de N parece esta mais ligada a época de avaliação do material vegetal, que vai esta intimamente ligada com a exigência nutricional da cultura em um dado momento (GAVA et al., 2001). No presente trabalho foi possível observar que as partes da planta em que se obtiveram relações com as doses de N variaram de local para local, mesmo estando à cultura em todos os locais na época ideal para sua colheita as resposta fisiológicas em relação ao comportamento do N em seus tecidos foram diferenciadas, portanto é de se esperar que respostas a adubação nitrogenada também apresentem comportamento diferenciado entre locais.

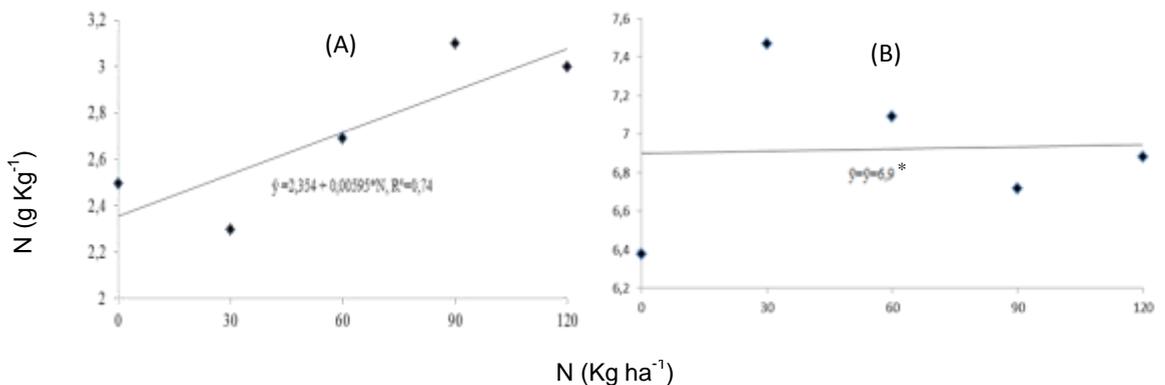


Figura 7. Teor de nitrogênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) Colmo (B) e Ponteiro no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio aos 14 meses no PVAd₁.

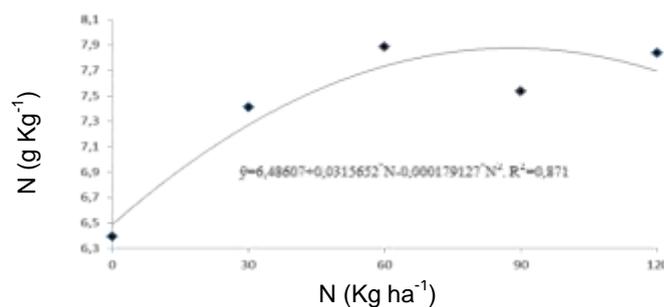


Figura 8. Teor de nitrogênio no componente ponteiro da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PADx.

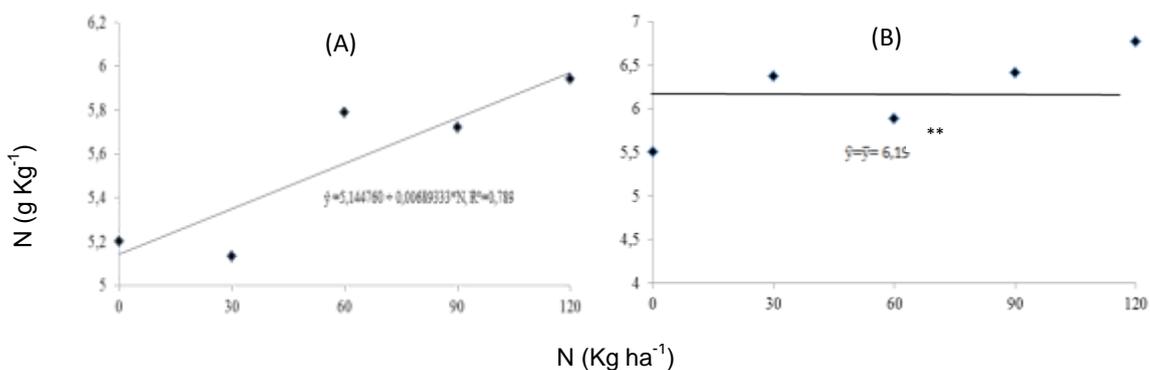


Figura 9. Teor de nitrogênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no solo do PVAd₂.

4.1.6. Teor de N em função da adubação molíbdica

A adubação molíbdica influenciou os teores de N no PVAd₁. Os efeitos foram significativos para o componente ponteiro da parte aérea (Figura 10) onde foi possível ajustar uma equação de regressão para prever o teor de N em função da aplicação de Mo. A equação mostra que o teor de N aumenta significativamente do sem aplicação de Mo para 200 g ha⁻¹ e em seguida começa a decrescer. Em solos onde o fornecimento de Mo é satisfatório, o incremento nos teores de N é comum, isto pode estar ligado ao fato de uma maior eficiência da fixação biológica de N ou a um melhor aproveitamento do N mineral. (PESSOA et al., 2000). Por sua vez, Valentine et al. (2005) observaram aumento nos teores de N total e N orgânico com o aumento das doses de Mo aplicadas, inclusive com ganhos significativos de produtividade. Contudo na pesquisa realizada por eles as aplicações de Mo foram foliares, o que pode ter contribuído para uma maior eficiência da fertilização com Mo. No entanto, doses muito elevadas de Mo ou a aplicação isolada do nutriente podem atuar de forma deletéria em alguns componentes, decrescendo inclusive os teores de proteína (MEDEIROS et al., 2005). No presente trabalho a queda nos teores de N com o aumento das doses de Mo pode estar relacionada a um maior metabolismo do N, sendo mais rapidamente assimilado e transportado para outras partes da planta.

No PVAd₂ os efeitos significativos da aplicação de Mo sobre os teores de N se deram no componente colmo da parte aérea da cana planta (Figura 11), no os dados não se ajustaram adequadamente para obtenção de regressões significativas. O valor médio encontrado de N no colmo esta de

acordo com os valores observados na literatura para a variedade em questão, (OLIVEIRA et al., 2011).

Vários trabalhos têm demonstrado o incremento nos teores de N com o incremento de Mo. Gelain et al. (2011) trabalhando com soja obteve ajuste de uma função do tipo raiz quadrada para o teor de N em função da aplicação de Mo nas folhas. Contudo no presente trabalhos os efeitos só foram percebidos em dois dos locais e em partes diferentes da planta. Como dito anteriormente o maior teor de N em função das doses de Mo tem sido percebido com maior clareza em plantas com maior dependência da fixação biológica de N, ou que tenha como fonte principal de N, o nitrato (PESSOA et al., 2000). Assim as condições locais podem interferir neste aspecto, porque as transformações sofridas pelo N no solo e a quantidade e variedade da população de bactérias presentes no solo e na planta dependem de condições locais. Outro aspecto que pode ser levado em consideração se deve ao fato de que pesquisas atuais têm demonstrado que a cana planta apresenta característica de ter uma elevada concentração de N nas raízes ao final do ciclo, sendo esta uma característica fisiológica que tem apresentado respostas em socarias devido ao acúmulo deste nutriente no sistema radicular das plantas (VITTI et al., 2007; FRANCO et al., 2007).

No presente experimento só foi avaliado os teores de N na parte aérea da planta, assim é possível que a falta de resposta esteja ligada a este acúmulo de N nas raízes e ainda a uma maior atividade no sistema radicular das enzimas que utilizam o Mo como cofator. De acordo com Epstein e Bloom (2006), quando existe uma maior exigência na atuação da redutase do nitrato e um adequado fornecimento de Mo, os processos se iniciam nas raízes, o que pode ter contribuído também para um maior acúmulo de N no sistema radicular.

Outro fator que pode esta relacionado a falta de resposta pode ser devido a época de amostragem. De acordo com Oliveira et al. (2010), o acúmulo de N tende a decrescer com o tempo, sendo encontrado o menores teores justamente na época da colheita. Com isso a resposta do acúmulo de N à aplicação de Mo, mesmo que tenha ocorrido ao longo do ciclo, pode não ter sido detectada no momento final.

Vale salientar que análise da variância dos dados mostra efeito significativo da aplicação de Mo nos teores de N no PAdx e PVAd₂ (Tabelas 9 e

10). Isto não se refletiu na obtenção de ajustes adequados para as regressões. No entanto, esse efeito será mais bem estudado nesses locais, porque houve interação significativa da aplicação de Mo, potencializando a adubação nitrogenada.

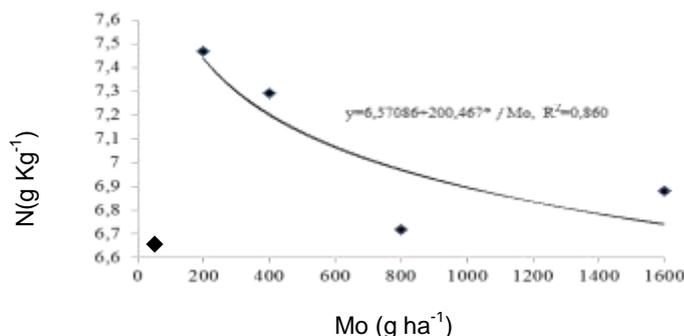


Figura 10. Teor de nitrogênio no componente ponteiro da parte aérea da cana-de-açúcar no aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd₁.

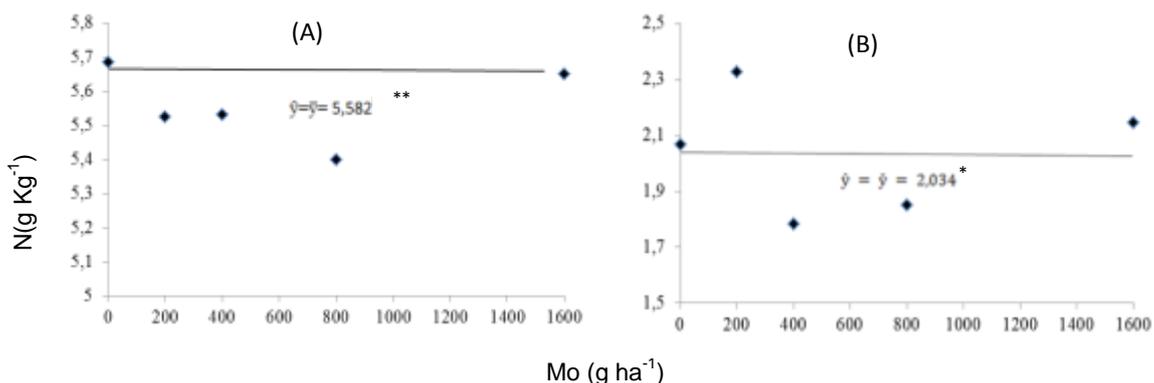


Figura 11. Teor de nitrogênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) Colmo aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no solo do PVAd₂.

4.1.7. Teor de N em função da adubação nitrogenada e molíbdica

A distribuição dos dados dos teores de N em função da aplicação de N na presença de doses crescentes de Mo no componente ponteiro da parte aérea da cana planta no PAd₂ (Figura 12), constata que os teores de N se elevaram com o aumento das doses de N e Mo, demonstrando sinergismo na relação N com Mo (Figura 10). Gelain et al. (2011) em pesquisa realizada com soja constatou aumento do teor de N foliar quando foi aplicado Mo.

O Mo potencializou a absorção de N. Considerando as pesquisas atuais é possível que este resultado seja um indicativo da atuação do Mo na fixação

biológica de N, por sua ação de cofator na atividade da enzima nitrogenase. Campo e Hungria (2002) trabalhando com soja utilizando Mo nas sementes observaram um aumento na eficiência da fixação biológica de N devido a aplicação do Mo.

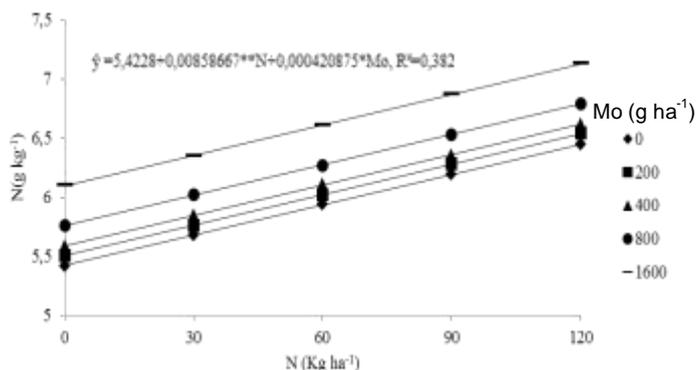


Figura12. Teor de nitrogênio em função da interação adubação nitrogenada e molíbdica no componente ponteiro da parte aérea da cana-de-açúcar no PVA_{d2}.

Obviamente não se pode afirmar isto no presente trabalho, mas considerando que os valores são de N total e independente da forma como o N estava no solo, ele foi absorvido pela planta e ainda pelo fato de que o mesmo seria detectado pela técnica de análise do tecido vegetal não importando a fonte. O que se pode admitir é que a única fonte de N que teria sua eficiência aumentada pela aplicação de Mo seria o N proveniente da Fixação biológica. O maior teor de N obtido neste local pode estar relacionado as condições de fertilidade do solo, menor teor de matéria orgânica, menor capacidade de retenção de nutrientes e maior restrição hídrica, assim sendo possível que neste local a planta seja mais dependente do N fornecido por meio da fixação biológica.

O que mais importa é que a presença de Mo potencializou o efeito da adubação nitrogenada fazendo com que plantas de cana-de-açúcar tornem-se mais eficientemente nutridas em N, quando o Mo estiver presente. Sugere-se esse manejo alternativo de economia de N com aplicação de Mo, tornando a adubação nitrogenada mais sustentável pela diminuição da necessidade de elevadas adubações nitrogenadas.

Houve também para o PAdx a significância da interação N com Mo nos teores de N para o componente folha da parte aérea da cana planta (Figura 13). Os teores de N apresentaram tendência de aumento a medida em que se

aumentou as doses de N, no entanto quando se aplicou o Mo o teor de N foi crescente até atingir um patamar que a partir daí mostrou até uma tendência de queda nos teores de N.

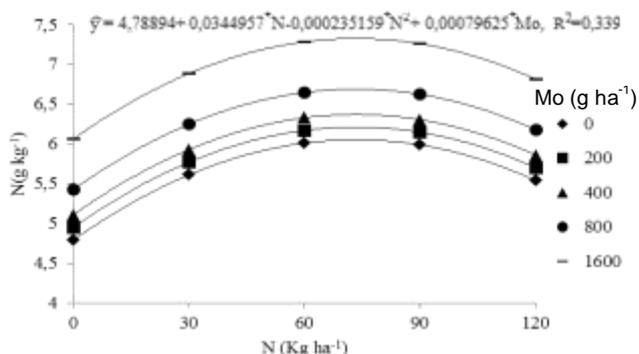


Figura 13. Teor de nitrogênio em função da interação adubação nitrogenada e molibdicada no componente folha da parte aérea da cana-de-açúcar no PAdx.

Desta forma é provável que com as maiores doses de Mo o metabolismo de N tenha sido muito acelerado, assim considerando a mobilidade do N na planta o mesmo pode ter sido deslocado para os tecidos mais jovens causando uma queda dos teores nas folhas.

4.2.1 Conteúdo de N e Mo em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e molibdicada

A extração e exportação de N e Mo em cana-de-açúcar foram influenciadas pelos diferentes locais de cultivo e alocação nos diferentes componentes da parte aérea da cana planta, com os dados permitindo em alguns casos o ajuste de regressões significativas para efeitos do N, Mo e da interação entre os dois nutrientes.

No PVAd₁ somente no componente colmo da parte aérea da cana o conteúdo de N foi influenciado pela aplicação de N ao solo (Tabela 12). Contudo para os demais componentes da parte aérea foi possível verificar a tendência do maior acúmulo de N com o aumento das doses de N. Em todos os componentes, de maneira geral, os conteúdos de N em função da aplicação de Mo foram semelhantes e até um pouco maiores numericamente quando comparados com a aplicação de N, indicando que a aplicação de Mo pode incrementar o aproveitamento e a utilização de N. Isso significa que com pouco N e na presença de Mo pode-se otimizar a absorção de N em cana planta.

Com relação ao conteúdo de Mo nos componentes da parte aérea da cana planta no PVAd₁ foram observadas diferenças estatísticas significativas para o componente folha em função da aplicação de N e Mo, com aumento do conteúdo de Mo com o aumento das doses de N e Mo (Tabela 12). Para o conteúdo de Mo no componente colmo não foram encontradas diferenças estatísticas significativas, no entanto os conteúdos de Mo tendem a aumentar com a aplicação dos nutrientes N e Mo. No componente ponteiro o conteúdo de Mo cresceu estatisticamente com o aumento das doses de N. Assim, da mesma forma que foi observado para os dados de teores, em todas os componentes da parte aérea da cana planta, o conteúdo de N e Mo, de maneira geral, apresentaram tendência de aumento com a aplicação de N e Mo ao solo no PVAd₁.

No PAdx em relação ao conteúdo de N os efeitos da aplicação de N e Mo foram significativos para os componentes colmo e folha da parte aérea da cana planta e no colmo houve interação significativa das adubações nitrogenada e molíbdica para a variável conteúdo de N (Tabela 13). Considerando todos os componentes da parte aérea da cana planta, houve acúmulo de N em função da aplicação de N e Mo, mesmo quando não houve diferença estatística significativa, os conteúdos de N foram sempre numericamente maiores do que o tratamento que não recebeu os nutrientes. É importante também observar que o conteúdo de N quando se aplicou Mo isoladamente apresentou tendência de maior acúmulo de N com o aumento das doses aplicadas de Mo. Outro aspecto importante é quando se observa os conteúdos de N em função das doses aplicadas de Mo, ou seja, muitas vezes tratamentos que receberam menores doses de N apresentaram conteúdo maior de N quando receberam Mo.

Também foram observados maiores acúmulos de Mo em função da aplicação de N para os componentes folha e ponteiro, com efeitos estatísticos significativos. Para o componente colmo foram observados efeitos estatísticos significativos no conteúdo de Mo em função da aplicação de Mo. Também é importante ressaltar que em todos os componentes da parte aérea da cana planta, mesmo onde não se obteve diferenças estatísticas significativas, os conteúdos de N e Mo foram crescentes com a aplicação de N e Mo ao solo. Quando se observa os conteúdos, principalmente de N sem aplicação de N e com aplicação de Mo, nota-se tendência de um maior acúmulo de N com o

aumento das doses de Mo. Sugerindo que o Mo esteja potencializando o uso do N.

No PVAd₂ foram observados efeitos significativos da adubação molídica e nitrogenada no acúmulo de N no componente colmo (Tabela 14). Para os componentes folha e ponteiro o conteúdo de N foi influenciado significativamente pela aplicação de N. Para a variável conteúdo de Mo foram constatadas diferenças estatísticas significativas somente em relação a aplicação de Mo nos componentes colmo e ponteiro da parte aérea da cana planta. Quando se aplicou N, não se observou acúmulos de Mo em nenhum dos componentes da parte aérea da planta. Os conteúdos de Mo foram sempre crescentes com o incremento das doses de N e Mo, mesmo no componente folha, onde os efeitos não foram significativos estatisticamente.

Em todos os locais de cultivo foi comum observar valores crescentes de conteúdo de N e Mo com a aplicação de N e Mo, porém sem constatação da significância estatística para a variação dos dados. Para isso, pode-se também observar que houve uma variação elevada dos dados (Tabelas 12, 13, e 14), o que influenciou negativamente para não observância de diferenças estatísticas significativas, quando os dados tendem claramente para o crescimento. Além de tratar-se de ensaio de campo, o experimento foi composto de 100 parcelas experimentais, onde o controle dos locais foi dificultado, interferindo no disciplinamento dos dados.

Tabela 12. Conteúdo de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd₁, PE.

Fator	Componente da parte aérea																	
	Folha						Colmo						Ponteiro					
	N (kg ha ⁻¹)						N (kg ha ⁻¹)						N (kg ha ⁻¹)					
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	Conteúdo de N (kg ha ⁻¹)																	
0	3,72	4,42	2,34	4,20	4,76	3,89	76,23	70,88	88,29	133,90	133,04	100,47	6,14	11,91	14,27	7,51	9,92	9,95
200	4,00	4,22	5,50	6,75	7,54	5,60	75,64	89,21	92,08	83,24	116,36	91,31	14,91	10,26	17,97	11,44	11,33	13,18
400	3,29	8,58	4,15	5,98	5,51	5,50	77,09	109,44	94,46	138,80	87,58	101,47	17,60	14,24	18,65	20,16	11,38	16,40
800	4,32	6,65	5,98	6,65	6,68	6,05	87,49	73,24	108,35	102,64	120,21	98,39	12,27	12,44	17,54	17,60	13,24	14,62
1600	5,28	3,53	3,40	5,57	7,55	5,07	65,77	62,33	92,54	109,58	108,36	87,72	8,14	13,34	12,82	17,71	12,12	12,83
Média	4,12	5,48	4,27	5,83	6,41		76,44	81,02	95,14	113,63	113,11		11,81	12,44	16,25	14,88	11,60	
N	F						F						F					
Mo	2,45 ^{NS}						5,88**						1,45 ^{NS}					
N x Mo	1,68 ^{NS}						0,71 ^{NS}						1,95 ^{NS}					
	0,79 ^{NS}						1,06 ^{NS}						0,54 ^{NS}					
C.V. (%)	54,48						33,47						57,12					
	Conteúdo de Mo (g ha ⁻¹)																	
0	0,06	0,12	0,12	0,06	0,10	0,09	4,83	2,95	2,50	3,29	4,51	3,62	0,26	0,39	0,35	0,31	0,30	0,32
200	0,07	0,11	0,18	0,16	0,08	0,12	6,41	4,61	4,24	5,92	8,27	5,89	0,81	0,51	0,53	0,45	0,27	0,51
400	0,08	0,30	0,16	0,35	0,17	0,21	4,08	5,92	3,22	5,85	7,73	5,36	0,81	0,74	0,49	0,88	0,24	0,63
800	0,10	0,20	0,39	0,29	0,24	0,24	7,69	5,32	4,56	6,28	7,42	6,25	0,69	0,51	0,45	0,88	0,34	0,57
1600	0,13	0,13	0,17	0,15	0,18	0,15	5,38	4,53	9,93	6,60	5,55	6,40	0,20	0,60	0,41	0,85	0,40	0,49
Média	0,09	0,17	0,20	0,20	0,16		5,68	4,67	4,89	5,59	6,69		0,55	0,55	0,45	0,67	0,31	
N	F						F						F					
Mo	2,61*						1,76 ^{NS}						3,10*					
N x Mo	4,57**						0,87 ^{NS}						2,25 ^{NS}					
	0,98 ^{NS}						0,67 ^{NS}						1,02 ^{NS}					
C.V.(%)	79,67						69,21						68,45					

Não significativo; **, * Significativos aos níveis de; 1 e 5 %

Tabela 13. Conteúdo de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PADx, PE.

Fator	Componente da parte aérea																	
	Folha						Colmo						Ponteiro					
	N (kg ha ⁻¹)																	
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	Conteúdo de N (kg ha ⁻¹)																	
0	8,91	13,49	8,69	20,37	26,32	15,55	74,59	100,30	106,24	109,33	164,69	111,03	14,64	28,14	26,84	25,98	34,38	26,00
200	21,61	16,83	24,46	20,82	16,37	20,02	71,21	165,59	97,83	106,54	95,73	107,38	19,47	24,12	27,48	29,19	28,65	25,78
400	9,27	17,68	21,52	21,87	17,13	17,49	64,88	108,06	87,30	122,81	170,47	110,71	22,39	17,59	43,60	28,19	33,21	29,00
800	19,68	18,53	15,67	14,34	25,14	18,67	81,90	72,98	94,71	153,12	119,08	104,36	29,23	22,47	18,09	37,45	41,60	29,77
1600	12,14	20,24	19,27	20,65	19,78	18,42	88,97	124,65	111,66	149,88	153,01	125,64	19,31	27,25	23,02	69,16	40,72	35,89
Média	14,32	17,36	17,92	19,61	20,95		76,31	114,32	99,55	128,34	140,60		21,01	23,91	27,80	37,99	35,71	
N	F						F						F					
	1,27 ^{NS}						10,57 ^{**}						3,51 [*]					
Mo	0,55 ^{NS}						1,13 ^{NS}						1,09 ^{NS}					
N x Mo	0,95 ^{NS}						2,12 [*]						1,32 ^{NS}					
C.V. (%)	55,26						30,87						55,96					
	Conteúdo de Mo (g ha ⁻¹)																	
0	0,19	0,18	0,23	0,66	0,63	0,38	2,58	3,24	4,73	2,99	4,62	3,63	0,52	0,71	0,54	0,63	0,99	0,68
200	0,33	0,40	0,74	0,76	0,53	0,55	5,07	4,70	7,53	3,60	5,48	5,28	0,86	0,91	0,85	0,84	0,75	0,84
400	0,29	0,31	0,76	1,01	0,80	0,63	5,62	4,37	7,26	3,95	7,64	5,77	0,95	0,64	1,45	1,02	1,52	1,12
800	0,81	0,65	0,56	0,60	0,56	0,64	6,01	6,89	6,05	5,24	7,50	6,34	1,07	0,72	0,66	1,29	1,67	1,08
1600	0,36	0,60	0,51	0,88	0,53	0,57	8,12	8,07	6,73	7,82	7,90	7,73	0,86	0,64	0,84	1,72	1,70	1,15
Média	0,40	0,43	0,56	0,78	0,61		5,48	5,46	6,46	4,72	6,63		0,85	0,72	0,87	1,10	1,33	
N	F						F						F					
	3,55 [*]						1,52 ^{NS}						2,70 [*]					
Mo	1,64 ^{NS}						5,87 ^{**}						1,99 ^{NS}					
N x Mo	0,93 ^{NS}						0,46 ^{NS}						0,78 ^{NS}					
C.V. (%)	66,19						49,82						66,98					

Não significativo; **, * Significativos aos níveis de; 1 e 5 %

Tabela 14. Conteúdo de nitrogênio e molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd₂, PB.

Fator	Componente da parte aérea																	
	Folha						Colmo						Ponteiro					
	N (kg ha ⁻¹)																	
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	Conteúdo de N (kg ha ⁻¹)																	
0	13,60	19,93	37,02	31,33	28,73	26,12	40,63	58,67	41,71	68,58	63,84	54,69	13,76	25,23	29,15	30,55	42,99	28,33
200	19,07	17,17	34,35	32,92	27,86	26,27	57,24	50,84	79,20	67,26	74,53	65,81	17,68	22,96	38,34	31,56	32,28	28,56
400	21,43	14,95	29,27	24,37	25,62	23,13	40,91	44,64	57,51	55,17	43,43	48,33	25,27	18,96	22,18	26,74	20,89	22,81
800	18,37	19,91	28,16	25,91	35,28	25,53	34,28	48,28	53,76	52,55	67,58	51,29	18,48	23,11	23,95	14,75	31,29	22,32
1600	23,51	18,71	28,08	24,27	38,29	26,57	64,01	62,20	35,76	39,72	72,97	54,93	19,47	23,92	13,75	20,22	31,72	21,82
Média	19,20	18,14	31,38	27,76	31,16		47,42	52,93	53,59	56,66	64,47		18,93	22,84	25,48	24,76	31,83	
N	F						F						F					
	4,84**						3,87**						2,68*					
Mo	0,58 ^{NS}						2,63*						2,07 ^{NS}					
N x Mo	0,9 ^{NS}						1,49 ^{NS}						1,83*					
C.V. (%)	42,62						31,29						43,51					
	Conteúdo de Mo (g ha ⁻¹)																	
0	0,15	0,26	0,29	0,27	0,28	0,25	4,27	5,66	5,84	5,54	6,72	5,60	0,25	0,59	0,84	1,07	0,74	0,70
200	0,17	0,25	0,81	0,58	0,32	0,43	3,48	6,17	8,04	8,36	7,37	6,68	0,95	0,97	1,53	1,48	1,57	1,30
400	0,41	0,28	0,42	0,34	0,77	0,44	7,03	8,68	7,77	8,49	7,34	7,86	1,35	0,77	1,35	0,93	1,11	1,10
800	0,37	0,27	0,29	0,49	0,59	0,40	6,61	7,89	8,04	8,30	9,35	8,04	1,06	1,17	1,42	0,66	1,23	1,11
1600	0,34	0,65	0,25	0,33	0,60	0,44	8,04	8,72	7,63	7,56	8,03	8,00	1,10	1,28	0,94	0,74	0,98	1,01
Média	0,29	0,34	0,41	0,40	0,51		5,89	7,42	7,47	7,65	7,76		0,94	0,96	1,22	0,98	1,13	
N	F						F						F					
	2,02 ^{NS}						2,05 ^{NS}						1,20 ^{NS}					
Mo	1,84 ^{NS}						3,99*						3,94**					
N x Mo	1,76 ^{NS}						0,60 ^{NS}						1,25 ^{NS}					
C.V. (%)	67,59						33,10						47,36					

Não significativo; **, * Significativos aos níveis de; 1 e 5 %

Assim como para os dados de teores, o conteúdo de N e Mo apresentaram comportamento diferenciado entre os locais de cultivo e entre os componentes da parte aérea das plantas avaliadas. Especificamente para Mo, características químicas e físicas dos solos dos locais são mais importantes para sua disponibilidade e conseqüentemente influenciam sua absorção e o seu acúmulo nos diversos componentes da parte aérea. No componente folha da parte aérea da cana planta não se observou nenhuma influencia de características químicas e físicas dos solos no conteúdo de Mo (Tabela 15). No entanto, no colmo e ponteiro características relacionadas as formas de Fe nos solos e o P-rem e a MO influenciaram o conteúdo de Mo.

No componente ponteiro quanto maior a CMAP, o teor de argila e a MO menor o conteúdo de Mo encontrado nos componentes da parte aérea da cana planta nos diferentes solos (Tabela 15), sugerindo que a disponibilidade de Mo no solo é influenciada por características, que inclusive são inerentes ao P, como a CMAP.

Tabela 15. Correlação linear simples entre características químicas e físicas dos solos PVAd₁, PADdx e PVAd₂ com os conteúdos de molibdênio nos componentes da parte aérea de cana-de-açúcar.

Características	Conteúdo de Mo		
	Folha	Colmo	Ponteiro
CMAP	-0,679 ^{NS}	-0,879 ^{NS}	-0,985 [°]
ARGILA	-0,721 ^{NS}	-0,855 ^{NS}	-0,965 [°]
P-rem	0,822 ^{NS}	0,754 ^{NS}	0,996 ^{***}
COT	-0,809 ^{NS}	-0,769 ^{NS}	-0,993 ^{***}
Fed	-0,262 ^{NS}	-0,999 ^{***}	-0,701 ^{NS}
Feo	-0,067 ^{NS}	-0,984 [°]	-0,578 ^{NS}
Fed/Feo	-0,550 ^{NS}	-0,981 [°]	-0,534 ^{NS}

[°] e ^{***} significativo a 10 e 0,1% de probabilidade. ^{NS} não significativo

4.2.2. Conteúdo de Mo em função da adubação nitrogenada

No desdobramento da análise da variância, se estudou para os efeitos significativos estatisticamente pelo teste F, regressões para relacionar o conteúdo de Mo nos componentes da parte aérea da cana planta em função da aplicação de N nos diferentes locais de cultivo, onde foram realizados os ensaios de campo. No PVAd₁ o conteúdo de Mo nos componentes folha e ponteiro da cana planta foi influenciado pela aplicação de N (Figura 14). Nas folhas o conteúdo de Mo cresceu com o aumento das doses de N, o que era de

se esperar porque um maior aporte de N promoveu uma maior produção de matéria seca e, conseqüentemente, uma maior absorção e acúmulo de Mo. Os conteúdos médios de Mo alocados nas folhas foram de 0,09 g ha⁻¹ pra a testemunha, em que não se aplicou N, com o maior conteúdo alocado chegando a 0,25 g ha⁻¹ para a alocação de Mo nas folhas. No componente ponteiro apesar de ocorrido diferenças estatísticas significativas na análise da variância, os dados alocados nessa parte da planta não permitiram o ajuste de regressões com parâmetros significativos nas equações dos modelos testados. Os conteúdos médios de Mo alocados no ponteiro foram da ordem de 0,51 g ha⁻¹, ou seja, maiores do que nas folhas, provavelmente devido a menor quantidade de matéria seca acumulada nessa parte da planta do que ao teor contido nela (Tabela 9). Os menores conteúdos de Mo alocados nas folhas, provavelmente, esta ligada ao fato de que neste experimento foram computadas somente as folhas que estavam aderidas ao colmo não sendo consideradas as folhas senescentes, com isso a massa foi muito menor do que se tivesse contabilizado a palhada existente, embora se saiba que o Mo seja um nutriente móvel na planta e seus teores na palhada sejam considerados baixos.

Foram observados maiores conteúdos de Mo em função da aplicação de N também no PAdx para folha e ponteiro (Figura 15). Nas folhas o conteúdo de Mo na testemunha foi de 0,4 g ha⁻¹, chegando ate 0,7 g ha⁻¹. Para o componente ponteiro o conteúdo na testemunha foi de 0,8 g ha⁻¹, sendo obtidos valores de até 1,4 g ha⁻¹.

Os conteúdos de Mo alocados nas diversas partes da cana planta observados em todos os locais sempre apresentaram tendência de crescimento com o aumento das doses de N, sendo que as extrações de Mo e alocações nos diversos compartimentos da cana no PAdx foram maiores do que nos demais locais, corroborando o que foi observado em relação à produtividade da cana (Tabela 17). De uma maneira geral a média das extrações totais de Mo foram da ordem de 7; 10; 10 g ha⁻¹ para PVAd₁, PAdx e PVAd₂, respectivamente. É importante ressaltar que no PVAd₁ as plantas de cana acumularam menos Mo, o que pode esta ligado as características químicas e físicas do solo e por ser mais intemperizado com maior capacidade de adsorver Mo, dificultando o acesso da planta ao nutriente, o que provavelmente ocorreu em menor magnitude nos outros locais estudados.

Polidoro (2001) trabalhando com adubação molíbdica e nitrogenada em cana-de-açúcar no ciclo de cana soca encontrou acúmulos de Mo da ordem de 9 a 14 g ha⁻¹, onde a maior dose de Mo aplicada pelo autor foi de 400 g ha⁻¹, bem inferior a desta pesquisa. Contudo a aplicação de Mo realizada no trabalho de Polidoro (2001) foi via foliar o que colabora com um maior aproveitamento do Mo aplicado. Segundo Pereira (2010) aplicações via solo devem ser realizadas com valores cerca de dez vezes maiores do que quando se aplica o nutriente via foliar, embora operacionalmente a aplicação via solo seja mais econômica, principalmente se utilizada concomitantemente com o cupinizada no momento do plantio da cana.

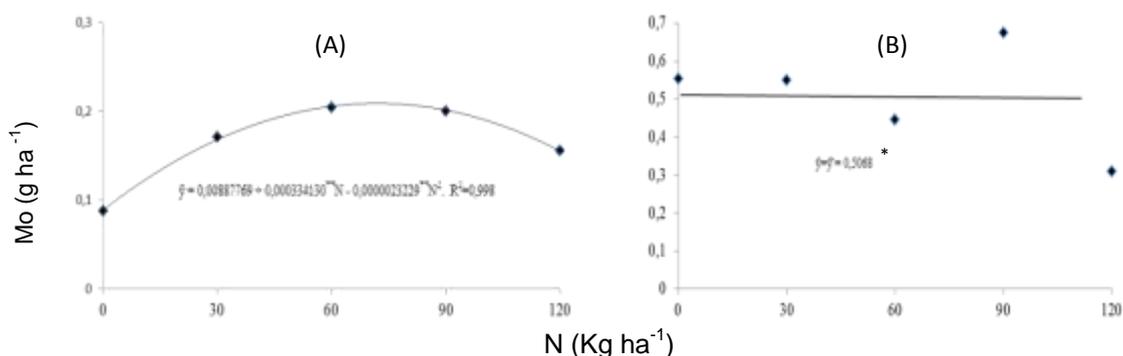


Figura 14. Conteúdo de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PVA_{d1}.

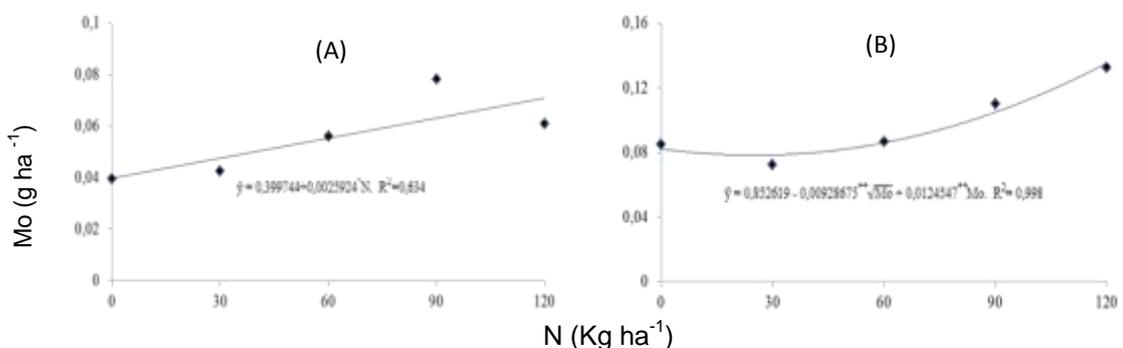


Figura 15. Conteúdo de molibdênio nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PAd_x.

4.2.3. Conteúdo de Mo em função da adubação molíbdica

Os dados do conteúdo de Mo em função da aplicação de Mo no PVA_{d1} permitiram ajuste de uma equação de regressão quadrática para a alocação do Mo no componente folha da parte aérea (Figura 16). Os conteúdos máximos de Mo observados foram de aproximadamente 2,43 g ha⁻¹, com aumento de 1,5 g ha⁻¹ no acúmulo de Mo em relação à testemunha, isto representa um

incremento de 61,7%, indicando efeito significativo das doses aplicadas de Mo na extração e acúmulo deste nutriente pelas folhas da cana planta.

Nos PAdx e PVAd₂ os dados de conteúdo de Mo em função da aplicação de Mo foram significativos em relação a alocação de Mo no colmo (Figuras 17 e 18), e se ajustaram no PAdx a uma equação de regressão linear e no PVAd₂ a uma equação de regressão quadrática. No PAdx os conteúdos de Mo alocados no colmo foram crescentes variando de 3,6 a 7,7 g ha⁻¹, representando um aumento de 51% comparando-se a maior dose (1600 g ha⁻¹) com a testemunha. Esses ganho nutricional é tão significativo que se for feita a comparação do que acumulou de Mo a testemunha em relação a primeira dose de Mo aplicada (200 g ha⁻¹), o incremento é de 1,6 g ha⁻¹, um ganho de aproximadamente 30%. Para o componente colmo no PVAd₂ o conteúdo de Mo constatado na testemunha foi de 5,6 g ha⁻¹ e para a maior dose de Mo aplicada foi de 8 g ha⁻¹. Os dados de conteúdo de Mo em função da aplicação de Mo também permitiram ajuste de regressão para o acúmulo de Mo no componente ponteiro (Figura 18). Os conteúdos de Mo nesse componente variaram de 0,6 até 1,3 g ha⁻¹. Polidoro (2001) encontrou para a bandeira de cana soca alocações de Mo de aproximadamente 0,96 a 1,16 g ha⁻¹, bem próximos aos encontrados no presente trabalho.

Para o acúmulo total de Mo em função da aplicação de Mo, os valores variaram de 4,7 a 9,5 g ha⁻¹ um ganho de 5,2 g ha⁻¹, considerando o PAdx. No local PVAd₂ a extração total de Mo variou de 6,5 e 9,4 g ha⁻¹, ou seja, um acúmulo duas vezes maior do que sem a aplicação do nutriente. Contudo acréscimos nesse acúmulo são constatados com a menor dose de Mo aplicada. Isso ressalta a importância de uma adequada nutrição molíbdica na cana-de-açúcar, utilizando-se o nutriente via solo.

As extrações totais de Mo obtidas neste experimento foram menores do que as observadas por Polidoro (2001) que encontrou extrações de 14 g ha⁻¹. Observando os dados foi possível verificar que as extrações variaram entre os locais de cultivo da cana. Considerando a produção de 1 t de cana como parâmetro para estimativa da necessidade de Mo, chega-se aos seguintes números de extração de Mo: 0,0596 g t⁻¹; 0,0675 g t⁻¹ e 0,0867 g t⁻¹, para os locais PVAd₁, PAdx e PVAd₂, respectivamente. Isso significa que no local PVAd₂ a absorção e acúmulo de Mo por quantidade de cana produzida foi maior, mesmo com a produção final muito semelhante numericamente a do

PVAd₁, a planta acumulou uma maior quantidade de Mo. Com isso pode-se inferir que a eficiência de utilização do Mo no PVAd₁ foi maior do que nos demais locais. Sendo a planta menos eficiente no local PVAd₂. Normalmente em locais mais restritivos a absorção de elementos que apresentam uma elevada relação com características químicas e físicas dos solos, como é o caso do Mo (Tabela 11), é menor, porém essa menor absorção não se reflete em menores produções, o que leva a crer que as plantas nesses locais tornam-se mais eficientes.

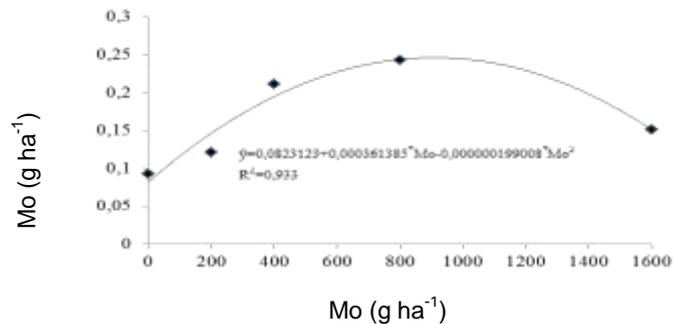


Figura 16. Conteúdo de molibdênio no componente folha da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd₁.

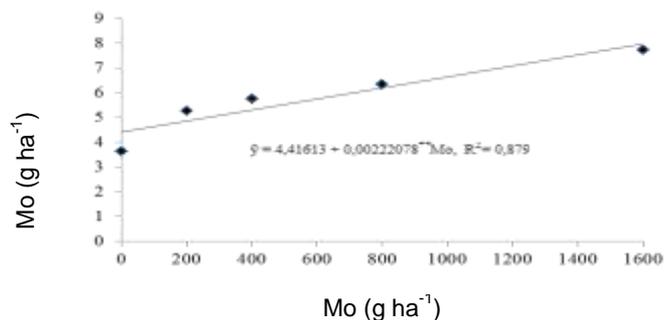


Figura 17. Conteúdo de molibdênio no componente colmo da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PAdx.

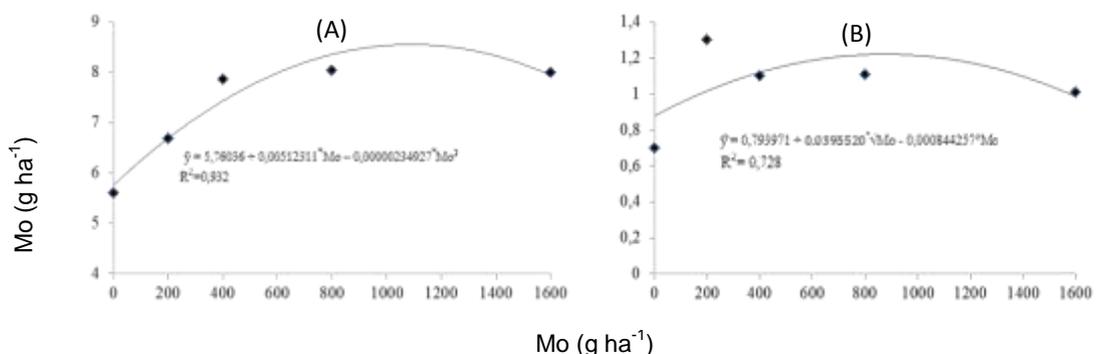


Figura 18. Conteúdo de molibdênio pelos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) colmo, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de molibdênio no PVAd₂.

4.2.4. Conteúdo de N em função da adubação nitrogenada

Foi possível verificar também efeito da aplicação de N no conteúdo de N em diferentes componentes da parte aérea da cana planta nos três locais de cultivo da cana-de-açúcar. No PVAd₁ a extração total de N foi de 92 kg ha⁻¹ sem aplicação de N e de 130 kg ha⁻¹ na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. É importante observar que mesmo sem a aplicação de N, o local foi capaz de fornecer uma quantidade significativa do nutriente. No componente colmo o acúmulo variou de 76 kg ha⁻¹ na testemunha até 113 kg ha⁻¹ na maior dose de N aplicada. Essas quantidades alocadas no colmo são importantes, pois serão retiradas efetivamente do sistema solo/planta no momento da colheita. No PVAd₁ os dados só permitiram ajuste de regressão significativa no componente colmo da parte aérea, em que se ajustou um modelo linear (Figura 19).

No PAdx foram observados aumentos do conteúdo de N com o aumento das doses de N no componente ponteiro da parte aérea da cana planta, ajustando-se regressão linear (Figura 20). A extração total de N encontrada revelou quantidades da ordem de 197 kg ha⁻¹. Como no caso do PVAd₁, a extração de N em todas as doses de N aplicadas ultrapassou as quantidades fornecidas via adubação, indicando mais uma vez a importância de outras fontes de N do local não contabilizadas no aporte de N para a cultura. A quantidade de N armazenada no colmo foi de 140 kg ha⁻¹ e no ponteiro de 37 kg ha⁻¹, no entanto o que foi acumulado no ponteiro pode voltar para o solo e ser fonte de N em ciclos subseqüentes, enquanto que o que foi acumulado no colmo é exportado na colheita.

No PVAd₂ foram constatados efeitos das doses de N no conteúdo de N nos componentes colmo e folha da parte aérea da cana planta (Figura 21), com os dados se ajustando a modelos lineares crescentes nas duas partes da planta. No colmo o acúmulo máximo de N foi de 83 kg ha⁻¹ e na folha de 14,2 kg ha⁻¹. A extração total de N nesse local também ultrapassou as quantidades fornecidas via adubação, reforçando a constatação de que fontes de N além da fornecida via adubação têm papel importante na fertilização nitrogenada da cultura.

Em todos os locais e em todos os componentes da parte aérea das plantas de cana, os conteúdos de N foram crescentes, aumentando com o aumento das doses de N. Várias pesquisas estudando o comportamento da cana planta em relação a adubação nitrogenada tm demonstrado aumentos no

acúmulo de N com o aumento das doses de N (Korndorfer et al., 1997; Bolongana-Campbell, 2007). No entanto Franco (2008), trabalhando em dois locais diferentes, observou que só houve aumento no conteúdo de N com a aplicação de N em um dos locais. O autor atribui isso as condições de fertilidade local e ainda ao aporte considerável do nutriente proveniente de incorporação de resíduos, o que contribuiu para o não acúmulo de N com a aplicação de N mineral ao solo. Entretanto no presente trabalho em todos os locais houve acúmulo de N ao menos um dos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar em relação a adubação nitrogenada, mesmo os dados mostrando que outras fontes de N também estavam contribuindo para a extração de N pela cultura. Adicionalmente, mesmo onde não houve diferença estatística significativa deve-se ressaltar que os dados observados foram em todos os casos numericamente diferentes levando a conclusão de que o manejo da adubação nitrogenada e a contabilização do que foi realmente extraído não deve ser baseado em médias, mas sim em valores obtidos para cada local individualmente, pois quando se considera médias assume-se o risco da subestimação ou superestimação da quantidade de nutriente aplicada.

Em média, considerando a produção de uma tonelada de cana, calculou-se a necessidade de N para os três locais estudados, encontrando-se: 1,29; 1,46 e 1,12 kg t⁻¹ de N para a produção de colmos. Em pesquisas realizadas no Brasil e em vários países os valores encontrados para essa medida são variáveis, contudo considera-se como média no Brasil valores da ordem de 1,2 a 1,4 kg t⁻¹ (ORLANDO FILHO e ZAMBELO JUNIOR, 1999). Assim os valores obtidos neste trabalho estão dentro da média nacional, mas demonstram que as exigências nutricionais podem variar nos diferentes locais de cultivo.

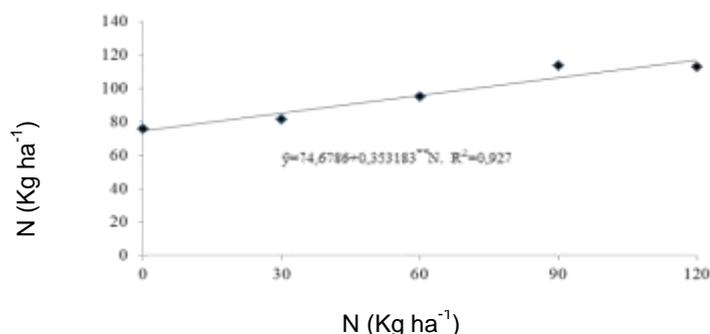


Figura 19. Conteúdo de nitrogênio no componente colmo da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PVAd₁.

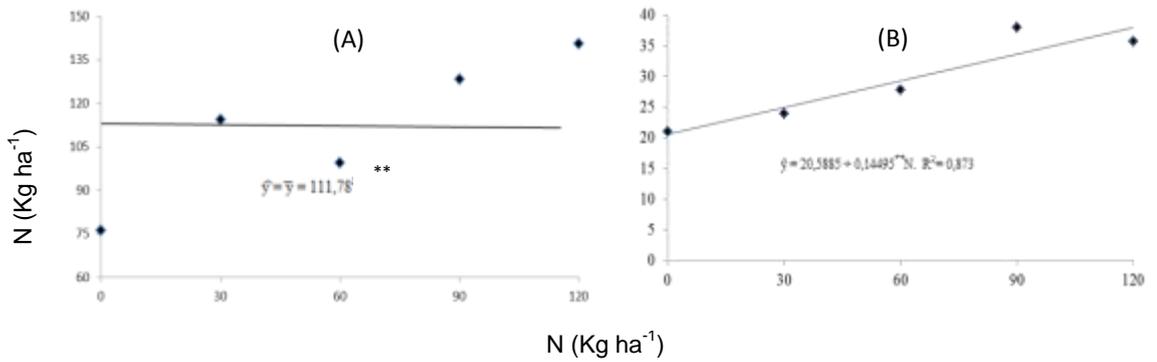


Figura 20. Conteúdo de nitrogênio pelos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) colmo, (B) ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PAdx.

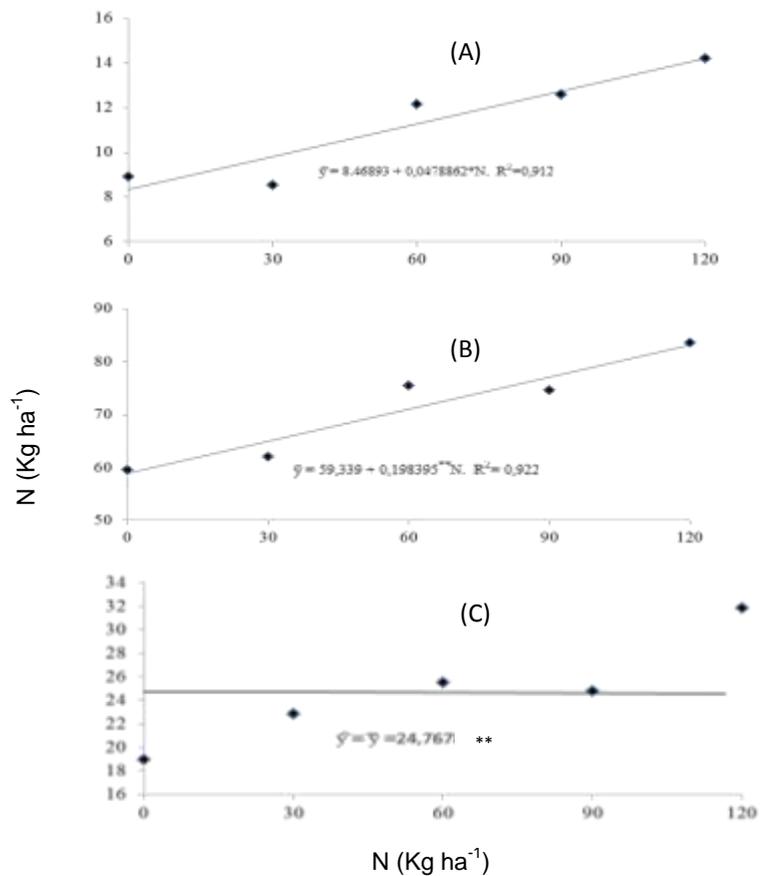


Figura 21. Conteúdo de nitrogênio pelos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar (A) folha, (B) Colmo e (C) Ponteiro aos 14 meses no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio no PVAd₂.

4.2.5. Conteúdo de N em função da interação da adubação nitrogenada e molíbdica

Os dados de conteúdo de N em função da aplicação de N e de Mo no componente ponteiro da parte aérea da cana planta permitiram inferir que houve aumento linear no acúmulo de N apenas na ausência de Mo (Figura 22). Na medida em que se elevaram as doses de Mo aplicadas, aconteceu uma

queda no acúmulo de N, além da presença do Mo não permitir que houvesse mais variação do conteúdo de N com a aplicação de doses crescentes de N, ou seja, a presença de Mo, inibiu o acúmulo de N, mesmo com o crescimento das doses de N aplicadas. Quando o suprimento Mo não é adequado, as plantas tendem a acumular nitrato nos seus tecidos, assim é provável nas menores doses de Mo ainda foi possível detectar um quantidade de N não assimilado acumulado nos vacúolos. Contudo com o aumento das doses de Mo é provável que tenha ocorrido o favorecimento de um maior metabolismo do N absorvido planta, sendo o mesmo assimilado nos aminoácidos e proteínas e utilizado pela planta, esta forma não ocorreu acúmulo na forma de nitrato o que contribuiu para a queda na extração de N nas com o aumento das doses de Mo.

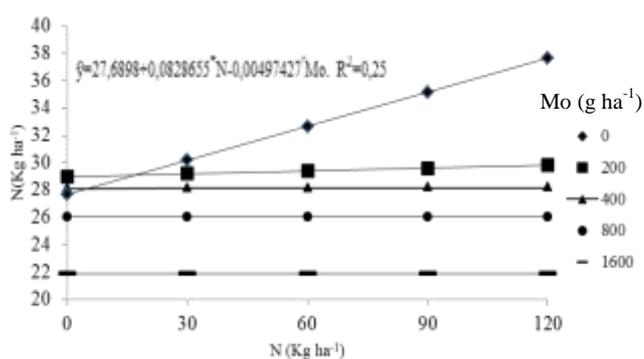


Figura 22. Conteúdo de molibdênio em função da interação adubação nitrogenada e molíbdica no componente ponteiro da parte aérea da cana-de-açúcar aos 14 meses no ciclo de cana planta no PVAd₂.

Assim, como no presente trabalho o aporte de N foi suficiente para a cultura, a aplicação de Mo pode ter permitido uma rápida assimilação do N absorvido durante o ciclo, permitindo um maior acúmulo do mesmo no sistema radicular que não foi avaliado. Portanto, sendo facilmente translocado dentro da planta, o N foi alocado nas raízes como reserva para o ciclo seguinte.

Houve interação significativa entre adubação nitrogenada e molíbdica para o acúmulo de N no colmo no PAdx, no entanto os dados não permitiram ajuste de equação de regressão com parâmetros significativos.

Os valores de acúmulo de N observados estão dentro do que é encontrado comumente na literatura, independente das fontes de N utilizadas (FRANCO et al., 2010, OLIVEIRA et al., 2011). Portanto pode ser destacado o papel do Mo na dinâmica do N na planta, entretanto é necessário o aprofundamento das pesquisas para entender melhor os mecanismos

fisiológicos envolvidos nos processos de assimilação e utilização do N em plantas adubadas com Mo.

3. Produtividade e parâmetros agroindústrias em função da adubação nitrogenada e molíbdica em cana planta.

3.1. Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada de plantio

A produtividade de de colmos e açúcar apresentou resposta positiva somente à adubação nitrogenada em todos os locais de cultivo (Tabelas 16, 17 e 18), fato este que em muitas pesquisas realizadas no Brasil não tem ocorrido com a mesma frequência que ocorre em cana soca, porque muitos pesquisadores relacionam falta de resposta da cana planta a aplicação de N a diversos fatores como, por exemplo, fixação biológica de N, mineralização da matéria orgânica, condições climáticas, entre outras (TRIVELIN et al., 2002; OTTO et al., 2009). Azeredo et al., (1986) analisando um total de 135 experimentos relacionados a aplicação de N em cana planta, observaram respostas estatísticas significativas em somente 19 deles. Entretanto, em pesquisas mais recentes se tem encontrado resposta linear da produção de matéria seca e do rendimento de açúcar em função da adubação nitrogenada de plantio (BOLONGNA-CAMPBELL, 2007; FRANCO et al., 2010).

O incremento na produtividade da cana planta foi de 17; 23; e 14 t ha⁻¹ para o PVAd₁, PAdx e PVAd₂, respectivamente, quando essa produtividade foi comparada ao tratamento sem aplicação de N e com a maior dose de N (120 kg ha⁻¹), constatando-se produtividades máximas de aproximadamente 107; 117; e 105 t ha⁻¹, respectivamente, o que representou ganhos de 15,9; 19,7 e 13,3%, respectivamente para o PVAd₁, PAdx e PVAd₂. Se for considerada a menor quantidade de N aplicada (30 kg ha⁻¹), os incrementos de produtividade em relação a testemunha foram de aproximadamente 11, 15 e 7 t ha⁻¹ para os PVAd₁, PAdx e PVAd₂, respectivamente. É importante observar que com uma dose de N três vezes menor se obteve ganhos da ordem de 50% em relação aos ganhos com a maior dose de N, o que levanta a questão de quanto realmente é necessário aplicar de N no plantio para se ter uma melhor relação custo benefício.

As maiores produtividades de cana planta e os maiores incrementos de produtividade com a aplicação de N no plantio foram obtidas no PAdx indicando que as condições locais foram mais favoráveis à obtenção de resposta favorável a adubação nitrogenada de plantio. Portanto condições locais que favoreçam a absorção de nutrientes podem influenciar diretamente na resposta à aplicação de fertilizantes, o que faz com que a precipitação deva ser considerada fator preponderante porque quanto maior a disponibilidade de água maior será o desenvolvimento do sistema radicular e conseqüentemente haverá uma maior exploração do volume de solo e maior absorção de nutrientes, principalmente N que é transportado até as raízes por fluxo de massa, mecanismo muito dependente de condições hídricas adequadas (SMITH et al., 2005).

Tabela 16. Produção de cana-de-açúcar (TCH) e rendimento de açúcar (TPH) no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd₁, PE.

Fator	Variável											
	TCH						TPH					
	N (kg ha ⁻¹)						Média					
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	-----Produção (t ha ⁻¹)-----											
0	87,4	97,5	93,3	98,6	106,4	101,1	11,7	14,0	13,5	12,4	12,8	12,9
200	87,1	102,2	101,3	105,8	108,8	103,5	10,8	11,3	11,6	13,9	14,0	12,3
400	94,5	112,4	97,0	113,6	100,1	103,3	12,0	14,1	10,0	15,9	13,4	13,1
800	93,2	96,8	109,9	101,1	115,4	103,7	10,2	11,4	12,1	12,8	14,2	12,2
1600	92,6	98,0	103,8	115,7	108,4	101,6	10,0	12,8	14,6	13,3	13,7	12,9
Média	91,0	101,4	101,1	106,9	107,8		10,9	12,7	12,4	13,7	13,6	
	F						F					
N	3,04*						2,59*					
Mo	0,60 ^{NS}						0,34 ^{NS}					
N x Mo	0,46 ^{NS}						0,44 ^{NS}					
C.V. (%)	16,97						24,52					

^{NS} não significativo e * significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 17. Produção de cana-de-açúcar (TCH) e rendimento de açúcar (TPH) no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PADx, PE.

Fator	Variável											
	TCH					N (kg ha ⁻¹)		TPH				
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	-----Produção (t ha ⁻¹)-----											
0	93,87	106,87	103,71	116,01	120,50	108,19	16,76	18,88	18,84	19,29	21,05	18,97
200	94,76	105,07	107,29	107,20	107,48	104,36	16,76	18,35	18,08	19,21	18,24	18,13
400	89,06	107,83	109,56	107,41	125,38	107,85	16,04	18,86	18,57	18,17	20,90	18,51
800	94,32	109,80	102,46	114,54	111,91	106,61	15,80	20,12	16,87	18,55	20,14	18,30
1600	102,18	101,74	114,79	112,88	121,78	110,67	17,19	17,84	20,16	19,40	20,89	19,10
Média	94,83867	106,2586	107,5629	111,6049	117,411		16,51	18,81	18,50	18,92	20,25	
N			F 7,78 ^{***}						F 4,04 ^{***}			
Mo			0,60 ^{NS}						0,48 ^{NS}			
N x Mo			0,54 ^{NS}						0,45 ^{NS}			
C.V. (%)			12,41						14,55			

^{NS} não significativo e ^{***} significativo a 0,1 % de probabilidade

Tabela 18. Produção de cana-de-açúcar (TCH) e rendimento de açúcar (TPH) no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica no PVAd₂, PB.

Fator	Variável											
	TCH					N (kg ha ⁻¹)		TPH				
	0	30	60	90	120	Média	0	30	60	90	120	Média
Mo (g ha ⁻¹)	-----Produção (t ha ⁻¹)-----											
0	87,80	99,70	105,28	104,91	106,40	100,82	14,33	16,85	17,40	17,01	17,50	16,62
200	87,43	98,21	117,19	104,66	101,19	101,74	14,48	15,99	19,30	17,22	16,71	16,74
400	91,27	100,00	101,19	98,21	100,69	98,27	15,07	16,99	17,03	15,62	16,77	16,30
800	94,25	94,25	102,31	103,05	113,59	101,49	16,21	15,22	16,94	16,97	18,52	16,77
1600	96,73	99,21	86,31	99,70	103,42	97,07	15,61	16,74	14,31	16,32	16,63	15,92
Média	91,49	98,27	102,46	102,11	105,06		15,14	16,36	17,00	16,63	17,23	
N	F						F					
Mo	3,72**						3,07*					
N x Mo	0,58 ^{NS}						0,59 ^{NS}					
	1,06 ^{NS}						1,10 ^{NS}					
C.V. (%)	12,24						12,64					

^{NS} não significativo, ** e * significativo a 1 e 5 % de probabilidade

Desdobrando a análise da variância que constatou a significância do efeito da aplicação de N na produção de cana planta em regressões que permitem a estimativa de modelos preditivos, verificou-se que os dados de produção de cana em função da aplicação e doses crescentes de N se ajustaram a regressões lineares em todos os locais de cultivo da cana (Figura 23).

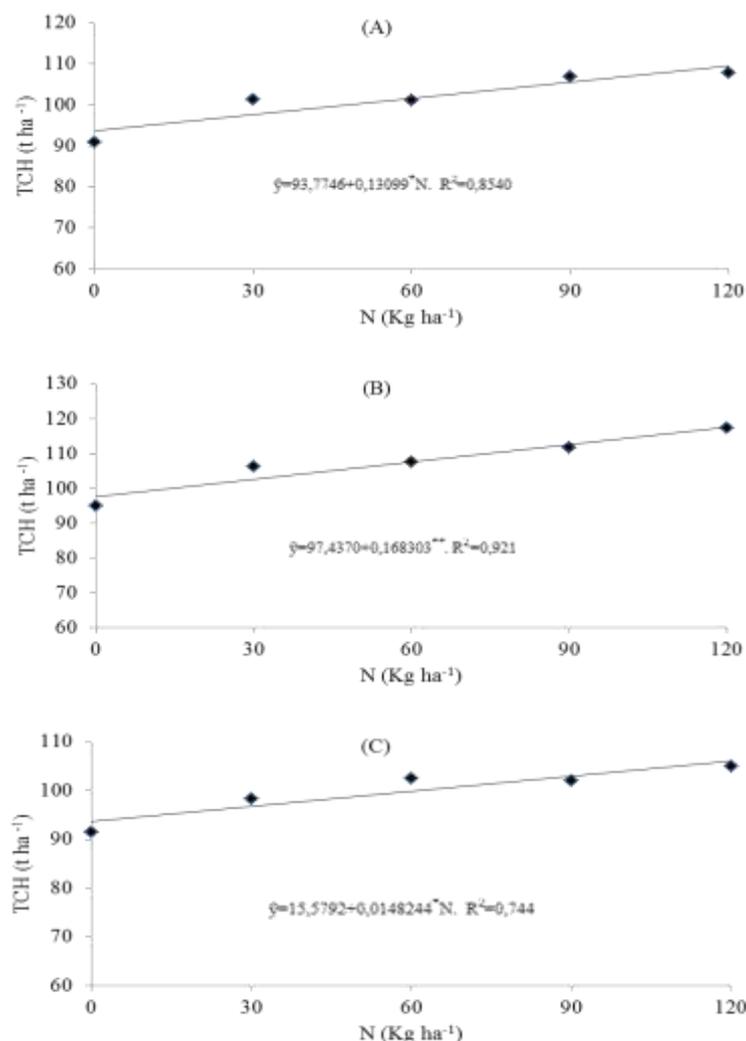


Figura 23. Produtividade de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio nos solos (A) PVA_{d1}, (B) PAd_x e (C) PVA_{d2}.

Essa resposta da cana planta a adubação nitrogenada de plantio que vem sendo mais detectada em pesquisas mais recentes, deve levar em consideração que os trabalhos mais antigos que não detectavam resposta da cana planta a adubação nitrogenada de plantio foram realizados com a utilização de variedades com produções médias muito inferiores as produções obtidas pelas variedades atuais, fazendo com que as exigências nutricionais fossem muito menores. Atualmente com os programas de melhoramento

genético buscando variedades cada vês mais produtivas, trouxe como consequência uma maior exportação de nutrientes e uma maior dependência da utilização de insumos para manutenção das produções elevadas atuais, o que pode ser o motivo pelo qual vários dos trabalhos realizados com cana planta nos últimos anos tenha verificado resposta positiva a adubação nitrogenada.

3.2. Parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e molíbdica

O rendimento de açúcar representado pelo parâmetro tecnológico TPH teve também aumento linear significativo para a aplicação de nitrogênio em todos os locais estudados (figura 24).

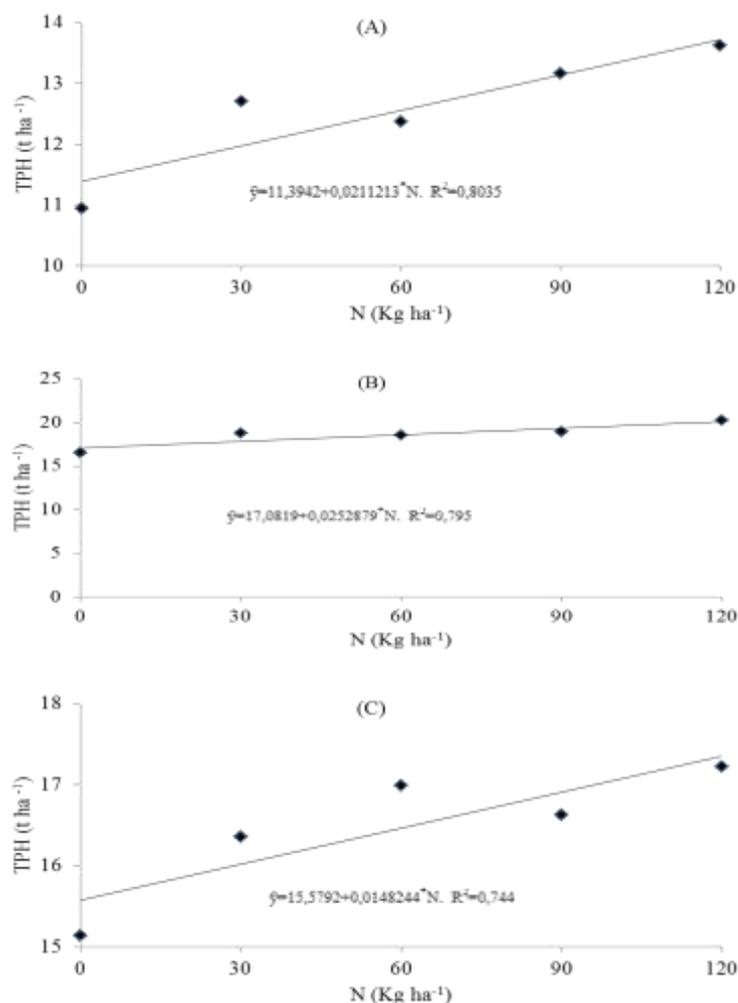


Figura 24. Rendimento de açúcar no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio nos solos (A) PVA_{d1}, (B) PAd_x e (C) PVA_{d2}.

Esta resposta no rendimento de açúcar foi consequência do incremento de produção obtido com aplicação de N. Os rendimentos máximos de açúcar foram de aproximadamente 13; 20; e 17 t ha⁻¹ para PVAd₁, PAdx e PVAd₂, respectivamente. Os ganhos de rendimento de açúcar em relação a testemunha onde não se aplicou N foram de 3; 4; e 3 t ha⁻¹ para PVAd₁, PAdx e PVAd₂. Resultados semelhantes com efeitos lineares significativos para rendimento de açúcar em relação à aplicação de N em cana planta vêm sendo obtidos em algumas pesquisas, tendo estes incrementos relação direta com o aumento final na produção de colmos (FRANCO et al., 2010; TRIVELIN et al., 2002). Assim, pode se inferir que o aumento no rendimento de açúcar se deve ao aumento na produção de colmos e não que o N tem a ver com melhoria na qualidade dos parâmetros tecnológicos da cana (BOLONGNA-CAMPBELL, 2007).

Para os demais parâmetros tecnológicos além do rendimento de açúcar, os resultados obtidos neste trabalho não apresentaram efeito significativos em relação a adubação nitrogenada e molibdica. Azeredo et al. (1997) trabalharam com doses de até 180 kg ha⁻¹ de N e não observaram efeitos deletérios em parâmetros como pol (%) e ATR. Espironello et al. (1987) observaram incremento nos teores de sacarose com a aplicação de N. Por sua vez, Muchow et al. (1996) observaram queda no teor de PCC trabalhando com doses de até 268 kg ha⁻¹ de N. Orlando filho e Zambello Junior (1980) observaram quedas no teor de sacarose quando aplicaram uma dose de 480 kg ha⁻¹ de N. Os resultados obtidos pelos autores supracitados demonstraram que a queda nos teores de parâmetros ligados ao acúmulo de açúcar se deve ao manejo inadequado da adubação nitrogenada.

Todos os parâmetros tecnológicos avaliados, em média, com aplicação de N e/ou Mo, ficaram dentro da faixa considerada adequada para se obter bons rendimentos em produção de açúcar (Tabela 19), ou seja, a aplicação de N e/ou Mo não causaram efeitos deletérios nem positivos nos parâmetros tecnológicos da cana planta.

Tabela 19. Valores médios de PCC, Sólidos Solúveis e ATR da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em função da adubação nitrogenada e molíbdica nos três solos cultivados PVAd₁, PAdx e PVAd₂.

	PCC (%)	Sólidos Solúveis (°BRIX)	ATR (kg t ⁻¹)
PVAd ₁	12,58	19,17	127,56
PAdx	17,30	22,40	164,87
PVAd ₂	16,44	21,98	156,58

No presente trabalho a dose máxima de N foi de 120 kg ha⁻¹ e não afetou os parâmetros tecnológicos avaliados, pois possivelmente não foi o suficiente para causar desequilíbrios e queda nos teores de açúcares da cultura. Quando se trabalha com doses médias de N não tem sido observado influencia negativa do elemento no acúmulo de açúcares em cana planta (SILVA et al., 2009; TRIVELIN et al., 2002).

3.3. Produtividade de cana-de-açúcar em função da interação da adubação nitrogenada e molíbdica

Os dados de resultados referentes à interação da aplicação Mo e N na produção e rendimento de açúcar encontrados neste trabalho devem ser melhor discutidos. Nas tabelas 16, 17 e 18, quando se verificou as interações foi possível observar que em tratamentos que receberam menor aplicação de N e Mo apresentaram produções de cana que não diferiram estatisticamente de tratamentos que receberam as maiores doses de N, na ausência de Mo. Por exemplo, no local PVAd₁ no tratamento em que se aplicou 120 kg ha⁻¹ de N a produção de cana foi de 106,4 t ha⁻¹ e no tratamento em que se aplicou 60 kg ha⁻¹ de N, concomitante com 800 g ha⁻¹ de Mo, a produção de cana foi de 109,9 t ha⁻¹, ou seja, com uma redução de 50% na dose de N e aplicação de 800 g ha⁻¹ de Mo, foi possível produzir mais cana. Portanto é importante observar melhor a influencia do Mo na adubação nitrogenada mesmo que não tenha ocorrido significância das doses de Mo e da interação entre os dois nutrientes na produção de cana, ocasionada muito mais pelos coeficientes de variação dos dados, conseqüência de um controle experimental ineficiente que é inerente de experimentos de campo com um número elevado de parcelas experimentais.

A adubação molibdica vem sendo estudada em diversas culturas com resultados positivos relacionados à produção. Rocha et al. (2011) trabalhando com feijão obteve maior produção de vagens e de grãos com a aplicação foliar de até 320 g ha⁻¹ de Mo. No entanto, quando se trata de plantas leguminosas as respostas são mais frequentes, pois nestes casos a fixação biológica do N assume grande importância e a participação do Mo na nitrogenase é vital para todo o processo.

Em gramíneas a fixação biológica de N tem importância menor que em leguminosas e conseqüentemente a exigência por Mo se tornar menor, mas não menos importante e a vai depender da forma com que o N esta sendo absorvido, quanto maior a absorção de nitrato maior deverá ser a ação da redutase do nitrato e maior a exigência por Mo. Ferreira et al. (2001) trabalhando com milho e duas doses de Mo (0 e 90 g ha⁻¹) não obtiveram aumento de produção com a aplicação de Mo, no entanto, observaram aumento no teor de proteínas. Medeiros e Souza (2005) em pesquisa utilizando a aplicação de Mo em *Brachiaria Brizantha cv Marandu* não obtiveram respostas na produção de matéria seca, mas encontraram também incremento nos teores de proteína. Os resultados levantados por esses pesquisadores demonstraram que apesar de não significativos os efeitos do Mo na produção das gramíneas, elevaram os teores de proteínas, indicando sua efetiva participação no maior metabolismo do N absorvido.

Em cana-de-açúcar os trabalhos realizados visando o estudo da aplicação de Mo são raros, mas têm demonstrado resposta positiva da produção em relação à aplicação de Mo. Alvarez e Wutke (1963) empregando Mo na forma de molibdato de amônio na dose de 270 g ha⁻¹ em três locais de produção, obtiveram respostas de aproximadamente 12, 7 e 3 t ha⁻¹, indicando que dependendo das condições locais as respostas são diferentes. Um dos fatores relacionados à menor resposta ou até mesmo a não resposta em relação à aplicação de Mo pode esta relacionada à disponibilidade natural de Mo e a correção do solo porque o aumento do pH disponibiliza facilmente o Mo existente no solo (QUAGGIO et al. 2004).

A aplicação concomitante de Mo e N também tem recebido atenção nas pesquisas com diversas culturas porque a aplicação de Mo pode potencializar a adubação nitrogenada e possivelmente diminuir as aplicações de adubos nitrogenados. Valentine et al. (2005) trabalhando com a cultura do milho obteve

aplicando Mo via foliar aumento de 48% no tratamento que não recebeu N e incremento de 11% quando se aplicou N na dose de 50 kg ha⁻¹, e segundo os autores os resultados obtidos servem como indicativo da provável substituição ou redução da adubação nitrogenada quando se aplica Mo.

Em cana-de-açúcar os resultados de pesquisas demonstraram que o Mo, assim como sua interação com o N pode representar papel importante para a cultura com possíveis implicações econômicas se for levado em consideração margens de contribuição agrícola, preço do açúcar e custos com fertilizantes nitrogenados. Em pesquisa realizada por Polidoro (2001) trabalhando com cana-de-açúcar foi observado aumentos significativos da produção de matéria seca quando foi aplicado Mo com doses de 0 a 400 g ha⁻¹ via foliar. Segundo o mesmo autor, as combinações das doses de 60 kg ha⁻¹ de N e 120 g ha⁻¹ de Mo e de 27 kg ha⁻¹ de N e 200 g ha⁻¹ de Mo seriam as mais equilibradas para a máxima produção econômica da lavoura.

Considerando as tendências observadas na análise da variância, os dados de produtividade de cana foram submetidos à análise regressão para obtenção de modelos múltiplos, sendo possível o ajuste de equações significativas para os locais PVAd₁ e PAdx (Figuras 25 e 26). Nos dois locais os efeitos da aplicação de N e de Mo foram lineares, indicando acréscimo na produção com aumento das doses dos dois nutrientes. Quando se trata de micronutrientes doses elevadas podem levar a toxidez, no entanto para o Mo seria necessário uma concentração cerca de mil vezes maior que o nível crítico para que a toxidez ocorresse. Isso não ocorreu porque observando os teores de Mo encontrados nos componentes da parte aérea da cana (Tabelas 7,8 e 9) percebe-se que estão dentro de uma faixa considerada adequada para a cultura, portanto as doses mais elevadas de Mo não causaram a toxidez.

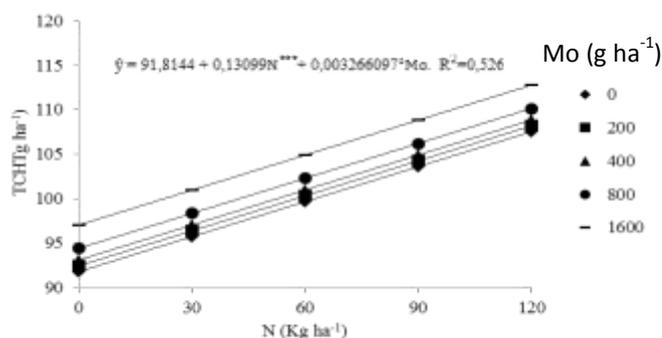


Figura 25. Produtividade de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio influenciada pela aplicação de molibdênio no PVAd₁.

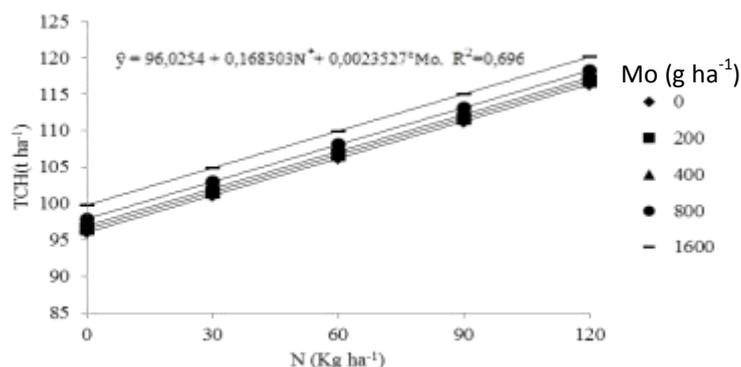


Figura 26. Produtividade de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta em função da aplicação de nitrogênio influenciada pela aplicação de molibdênio no PAdx.

Nos gráficos 25 e 26 é possível observar que as medias são muito próximas, indicando que pode ser realizado um manejo combinado as doses de Mo e N sem que ocorram perdas na produtividade, buscando uma maior relação custo beneficio nos canaviais do Nordeste, como encontrada por Polidoro (2001) nos canaviais de Campos dos Goitacazes/RJ.

Substituindo alguns valores na equação de regressão do PVAd₁ para exemplificar a interação, verifica-se que com uma dose de 120 kg ha⁻¹ de N (maior dose de N aplicada) na ausência de Mo, a produtividade da cana é de aproximadamente 97 t ha⁻¹, produção muito próxima quando se utiliza somente 60 kg ha⁻¹ de N e 200 g ha⁻¹ de Mo. Esse mesmo comportamento pode ser encontrado no PAdx. Sendo assim no presente trabalho é possível verificar que a utilização de Mo pode vir substituir ao menos parcialmente a adubação nitrogenada por um provável aumento no aproveitamento de N disponível pela planta.

5. CONCLUSÕES

1. A adubação nitrogenada promoveu aumento nos teores de N nos componentes da parte aérea da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta.
2. A produção de açúcar no ciclo de cana planta aumentou com a aplicação das doses de N
3. Adubação molíbdica promoveu aumento nos teores de N nos componentes da parte aérea (colmo, folha e ponteiro) da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta.
4. A adubação molíbdica potencializou o acúmulo de N nos componentes da parte aérea da (colmo, folha e ponteiro) da cana-de-açúcar no ciclo de cana planta
5. A adubação molíbdica aumentou a eficiência de utilização do N contribuindo para ganhos de produtividade.

6.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGARWALLA S.C; HEWITT E.J. Molybdenum as a plant nutrient. V. he interrelationships of molybdenum and nitrate supply in the concentration of sugars, nitrate and organic nitrogen in cauliflower plants grown in sand culture. **Journal of Horticulture Science** **30**, 163-180.1955

ALAVAREZ, V.;WUTKE, A. C. P. Adubação da cana-de-açúcar. IX. Experimentos preliminares com micronutrientes. **Bragantia** 22:647-650, 1963.

ALVAREZ, V. V. H.; FONSECA, D. M. Definição de doses de fosforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n. 1, p. 44-55, 1990.

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. **Determinação e uso do fosforo remanescente**. Vicosa: Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 2000. p. 27-33. (Boletim Informativo, 25).

AMANE, M. I. V. et al. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 643-650, 1999.

ANGHINONI, I. **Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. In: SANTANA, M.B.M. Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus : CEPLAC/SBCS, 1986. Cap.I. p.1-18.

AZEREDO, D. F.; BOLSANELLO,J.; WEBWE, H.; VIEIRA, J. R. Nitrogênio em cana-planta doses e fracionamento. **STAB**. Açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v. 4, n. 5, p. 25-29,1986.

BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W.; DAMASCENO, C. M.; MENDES, L .V. Acúmulo e alocação de nutrientes pela RB72454 no ciclo da cana-de-açúcar da cana-planta.In. CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇÚCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL,8; recife, 2002. **Anais**: Recife: STAB,. P.264-267.

BEEVERS, L., HAGEMAN, R.H. Nitrate reduction in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.20,p.495-522, 1969.

BOLAN, N.; D. CURTIN. Soil acidification and liming interactions with nutrient and heavy metal transformation and bioavailability. **Adv. Agronomy**, 1:215-272, 2003.

BOLONGA-CAMPELL.**Balanço do nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana planta**. 2007. 112 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.365-372,2000.

BRODRICK, S. J.; GILLER, K. E. Genotypic difference in molybdenum accumulation affects N₂ fixation by Phaseolus Vulgaris L. **Journal of Experimental Botany**, v.42, n.243,p.1339-1343,1991.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Importância dos micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., MERCOSOJA 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2002, p. 355-366.

CARNEIRO, A. E. V.; TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L. Utilização de reserva orgânica e de nitrogênio de tolete de plantio (colmo-semente) no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2, p.199-209,1995.

CARVALHO, C. M.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, E. C. T. S.; COMES FILHO, R. R. Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n.1, p. 72-77, 2009.

CLARKSON, D.T.,J. SANDERSON AND R.S. RUSSEL. Ion uptake and root age. **Nature** (London) 220:805-806. 1968

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Segundo Levantamento da Safra brasileira 2011/2012 de Cana-de-Açúcar e sua Destinação (açúcar, álcool e outros). Boletim técnico, disponível em <http://www.conab.gov.br/canabweb/download/safra/BoletimCanajaneiro2011-12.pdf> Acesso em 03 de jan 2012.

EMBRAPA -. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, EMBRAPA, 1997. 370p.

EMBRAPA **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 402 p.

ESPIRONELO, A.; COSTA, A. A.; LANDELL, M. G. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE,T.; CAMARGO, A. P. de; RAMOS, M. T. B. Adubação NK em três variedades de cana- de- açúcar em função de dois espaçamentos. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 247-268, 1987.

FERREIRA, M. E. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: POTAFOS, 2001. 600 p.5.

FONTES. R.L.F.; COELHO, H.A. Molybdenum Determination in Mehlich-1 and Mehlich-3 Soil Test Extracts and Molybdenum Adsorption in Brazilian Soils. **Comm. Soil. Sci. Plant Anal.**, 36:2367-2381, 2005.

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; FARONI, C. E.; SARTORI, R. H.; TRIVELIN, M. O. Acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar. **STAB**. Açúcar, ÁLCOOL e Subprodutos, Piracicaba,v.26, p.47-51, 2008.

FRANCO, H.C.J.; BOLOGNA, I.R.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 521-526, 2007a.

FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; OTTO, R. Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. **Scientia Agricola**, v.67, p.579-590, 2010.

GAVA et al 2001): GAVA, G. J. de C. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.36, n.11,2001.

GELAIN E.; ROSA JUNIOR, E,J; MERCANTE, F.M; FORTES,D.G.; SOUZA, F.R.; ROSA, Y.B.C.J. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola **Ciênc. agrotec.** vol.35 no.2 Lavras Mar.-Apr. 2011.

GOLDBERG, S.; LESCH, S. & SUAREZ D. Predicting molybdenum adsorption by soils using soil chemical parameters in the constant capacitance model. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 66:1836-1842, 2002.

GOMES, J. F. F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar.** 2003, 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GUIBERTO, P. J.; LIBARDI, P. L.; BRITO, A. S.; TRIVELIN, P. C. O. Lixiviação de nitrogênio em um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31; 2007, GRAMADO. **Anais...** Gramado:SBCS, 2007. 1 CD-ROM.

HEUWINKEL, H., E. A. Kirkby, J. Le Bot, and H. Marschner.. Phosphorus deficiency enhances molybdenum uptake by tomato plants. **Journal of Plant Nutrition** 15: 549–568. 1992.

HEWITT, E.J. **The effect of mineral deficiencies and excesses on growth and composition.** In *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants*; Robinson, J.B.D., Ed.; Her Majesty's Stationery Office: London, 1983; Vol. 1, 54–110.

IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco.** 2ª ed. Recife, 2008. 198p.

JADOSKI, C.J.; TOPPA, B.E.V.; JULIANETTI, A.; HULSBOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar, **Pesquisa aplicada e agrotecnologia**, v3, n2 Mai-Ago 2010.

JONGRUAYRUP, S; DELL, B; BELL, R. W. Distribution and Redistribution of Molybdenum in Black Gram (*Vigna mungo* L. Hepper) in Relation to Molybdenum Supply. **Annals of Botany** 73: 161-167,1989.

KAISER, B. N.; GRIDLEY, K. L.; BRADY, J. N.; PHILLIPS, T.; TYERMAN, S. D. The Role of Molybdenum in Agricultural Plant Production. **Annals of Botany** 96: 745–754, 2005.

KORNDÖRFER, G. H.; COLOMBO, C.A.; CHIMELLO, M. A.; LEONI, P.L.C. **Desempenho de variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem nitrogênio**. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AGUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BARSIL; 8, Recife. Piracicaba: STAB, 2002. P.234-238

KORNDORFER, G.H.; VALLE, M.R.; MAETINS, M.; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio da uréia pela cana planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 23-26, 1997.

LI-PING W LI; YANG-RUP L; LI-TAO Y. Effects of Molybdenum on Nitrogen Metabolism of Sugarcane, **Shugar Tech**. vol . 9, 31-42. 2007

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 3. ed. Piracicaba: **POTAFOS**, 1997. 319 p.

MARINHO, M. L.; BARBOSA, G. V. S. Adubação nitrogenada da cana-planta na região nordeste do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 6., 1996, Maceió. Resumos ... Piracicaba: STAB, 1996. p. 455-460.

MEDEIROS, D.Z.O.; SOUZA, G.M Interação entre molibdênio e nitrogênio no crescimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, **Colloquium Agrariae**, v. 1, n.2, dez., p. 6-15, 2005.

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from clays by dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays Clay Miner.**, 7:317-327, 1960.

MEN, Z. H., AND S. X. LI. Effects of molybdenum on nitrate metabolism of winter wheat. **Plant Nutrition and Fertilizer Science** v1, n.11, p.205–210. 2005.

MENDELL, R. R.; HANSCH, R. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.375, p.1689-1698, 2002.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of Plant Nutrition**; International Potash Institute: Bern, Switzerland, 849, 2001

MILANI, G.L.; OLIVEIRA, J.A.; PEREIRA, E. de M.; CARVALHO, B.O.; OLIVEIRA, G.E.; COSTA, R.R. Aplicação foliar de molibdênio durante a maturação de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.4, p.810-816, jul-ago., 2010.

MORAES, L. M. F.; LANA, R. M. Q.; MENDES, C.; MENDES, E.; MONTEIRO, A.; ALVES, J. F. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência agrotec.**, Lavras, v.32, n.5, p.1496-1502, 2008.

MORAES, L. M. F; LANA, R. M. Q; MENDES, C; MENDES, E; MONTEIRO, A; ALVES, J. F. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência agrotec.**, Lavras, v.32,n.5,p.1496-1502,2008.

MULDER, E. G. **Plant and Soil** (Holl.), v1. 1948

MUCHOW, R.C.; ROBERTSON, M.J.; WOOD, A.W. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia. II. Sucrose accumulation and commercial yield. **Field Crops Research**, v.48, p.27-36, 1996.

NAUTIYAL, N; CHATTERJEE, C. Molybdenum Stress-Induced Changes in Growth and Yield of Chickpea. **Journal of plant nutrition** v. 27, n. 1, p. 173–181, 2004.

NG KEE KWONG, K. F.; DEVILLE, J. Nitrogen leaching from soils cropped with sugarcane under humid tropical climate of Mauritius, Indian Ocean. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.13, n.3, p.471-474, 1984.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T. J. (Eds.). **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Vicosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999, 399 p

OLIVEIRA E.C. **Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar em sistema irrigado de produção** , 2008. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco , Recife.

OLIVEIRA, E .C .A. **Balço nutricional da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada**.2011.213 p. Tese(Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo,Piracicaba.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I.; FREIRE, M. B. G. S.; SIMÕES NETO, D. E; SILVA, S. A. M. Extração e exportação de nutrientes em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. V.34, n.4,p.1343-1342,2010.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A.; BELTRAME, J. A.; LAVORENTI, N. A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. **STAB . Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 4, p. 39-41,1999.

ORLANDO FILHO. J. ; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. **Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana- de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em solos do estado de São Paulo**. PLANAULSUCAR, Piracicaba: fev. 1980. p. 1-128. (Boletim Técnico, n. 2)

OTTO, R.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; VITTI, a. C.; TRIVELIN, P. C. O. Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana- de – açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n.4, p.398-405,2009.

OTTO, R. **Desenvolvimento de raízes e produtividade de cana-de-açúcar relacionados à adubação nitrogenada.** 118 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAES, J. M. V.; MARCIANO, N.; BRITO, C. H. de; CARDOSO, A. A.; MARTINEZ, H. H. P.; MENDES, A. Estudo de espaçamentos e doses de nitrogênio na produção e em algumas características biométricas de três variedades de cana-de-açúcar. **STAB.** Açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.15, n. 6, p. 18-20, 1997.

PEREIRA, F.R **Doses e formas de aplicação de molibdênio na cultura do milho** 2010, 159p (tese de doutorado) UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu.

PESSOA, A. C. S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo.** Viçosa, 1998. 151p. Tese(Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PESSOA, A. C. S. et al. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro "Ouro Negro" em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 217-224, 2001.

PESSOA, A. C. S. et al. Concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 75-84, 2000.

PESSOA, A. C. S.; RIBEIRO, A. C.; CHAGAS, J. M.; CASSINI, T. A.; concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro “ouro negro” em Resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:75-84, 2000.

POLIDORO, J.C. **O Molibdênio na Nutrição Nitrogenada e na Contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio Associada à Cultura da Cana-de-Açúcar**, 2001, 210p. (Tese de Doutorado) Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,

POLIDORO, J.C.; MEDEIROS, A. F. A.; XAVIER, R. P.; MEDEIROS, J. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. & URQUIAGA, S. Evaluation of Techniques for Determination of Molybdenum in Sugarcane Leaves. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 37:77–91, 2006.

PRADA, F.; MENDONÇA JÚNIOR, C. S.; CARCIOFI, A. C. Concentração de cobre e molibdênio em algumas plantas forrageiras do Estado do Mato Grosso do Sul. **Braz. J. vet. Res. anim. Sci.**, São Paulo, v. 35, n. 6, p. 275-278, 1998.

PURCINO, A.A.C., MAGNAVACA, R., MACHADO, A.T., et al.. Atividade da redutase do nitrato em genótipos antigos e modernos de milho, cultivados sob

dois níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.6, n.1, 1994.

QUAGGIO, J.A.; GALLO, P.B.; OWINO-GERROH, C; ABREU, M.F.H. & CANTARELLA, H. Peanut response to lime and molybdenum application in low ph soils. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:659-664, 2004.

RAMADAM, A.A;KIRKBY, E. A;PILBEAM, D. J. Evidence That Sulfur Deficiency Enhances Molybdenum Transport in Xylem Sap of Tomato Plants. **Journal of Plant Nutrition**, 28: 1347–1353, 2005.

ROCHA,P.R.R; ARAÚJO, G.A.A.;CARNEIRO, J.E.S.; CECON, P.R.; LIMA, T.C. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 9-17, abr.-jun., 2011

SELF , W. T; GRUNDEN, A. M; HASONA, A; SHANMUGAM, K. T. Molybdate transport. **Research in Microbiology** 152: 311–321, 2001.

SILVA, A.B.; DANTAS NETO,J; FARIAS, C.H.A.; AZEVEDO, C.A.V. Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar irrigada sob adubações de nitrogênio e potássio em cobertura. **Caatinga** v.22, n3 p 236-241, 2009.

SILVA, L. C. **Análise de crescimento e acúmulo nutrientes de sete cultivares de cana-de-açúcar na Região de Coruripe**. 2007. 80 p. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

SILVEIRA, J. A. G.; CROCOMO, O. J. Assimilação de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em presença de elevado nível de N e de vinhaça no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 2, p. 7-15,1990.

SILVEIRA, J. A. G.; CROCOMO, O. J. Biochemical and physiological aspects of sugarcane (*Saccharum* spp.). I. Effects of NO₃ nitrogen concentration on the metabolismo r sugar and nitrogen. **Energia Nuclear e Agricultura**, Piracicaba, v. 3, n.1, p. 19-33, 1981.

SIMIÕES NETO, D. E.; MELO, L. J.O. T. **Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Recife:UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 28p.

SIMÕES NETO, D.E. **Avaliação da disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação fosfatada para cana-planta em solos do estado de Pernambuco**. 2008 105p. Tese (Doutorado em Agronomia\Ciências do solo – Universidade Federal Rural de Peranbuco, Recife.

SIQUEIRA e FRANCO, 1988: SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas . Brasília; MEC; ABEAS; ESAL; FAEPE, 1988. 236p.

SMITH, D.M.; INMAN-BAMBER, N.G.; THORBURN, P.J. Growth and function of the sugarcane root system. **Field Crops Research**, v.92, p.169-183, 2005.

- STIEFEL, E. I. The biogeochemistry of molybdenum and tungsten. **Met. Ions Biol. Syst.** 39, 1–29, 2002.
- STOUT, P. R.; MEAGHER, W. R. Studies of the Molybdenum Nutrition of Plants With Radioactive Molybdenum. **SCIENCE**, October 29, Vol. 108. 1948.
- TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; FRANCO, M.; NOGUEIRA, G. A.; NOBILE, F. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, A. R. Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.276-283, 2007.
- TESFAMARIAM, T.; RÖMHELD, V.; NEUMANN, G. P. **Deficiency-induced root exudation of carboxylates contributes to Mo acquisition in leguminous plants.** In: HARTMANN, A. (Ed.). Rhizosphere 2004: perspectives and challenges – a tribute to Lorenz Hiltner. Munich: Neuberger.
- TIFFIN, L. O. Translocation of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). Micronutrients in agriculture. Madison: **Soil Science Society of America**,. p. 199-229, 1972.
- TRIVELIN, P. C. O. **Utilização do nitrogênio pela cana- de -açucara: três casos estudados com o uso do traçador ¹⁵N.** 2000. P. 143. Tese (livre-Docência)- centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; GAVA, G. J. C.; G. A. SARRIÉS. 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**, Viçosa, v.26, n. 3, p. 637-646, 2002b.
- TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; VITTI, A. C.; GAVA, G.J.; BENDASSOLLI, J. A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.193-201, 2002a.
- URQUIAGA S.; CRUZ K.H.S. & BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56:105-114, 1992.
- URQUIAGA, S.; LIMA, R.M.; XAVIER, R.P.; RESENDE, A.S.; ALVES, B.J.R. & BODDEY, R.M. Avaliação da eficiência do processo de fixação biológica de nitrogênio em diferentes variedades de cana-de-açúcar. **Agronomia**, 37:55-58, 2003.
- VALENTINE, L.; COELHO, F.C.; FERREIRA, M.S. Teor de nitrogênio foliar e produtividade de três cultivares de milho (*Zea mays L.*) submetido as adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres** v52,n2, pag 567-577,2005.
- VISTOSO, E.; MORA, M.L. & BOLAN, N. **Phosphorus and Mo interactions in the Andisols of Chile.** In: DEVELOPMENTS IN FERTILIZER

APPLICATION TECHNOLOGIES AND NUTRIENT MANAGEMENT, Auckland, 2005. Proceedings. Auckland, Massey University,. p.245-257 2005.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A.S.; SERRANO, C.G.E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**, Piracicaba: GAPE, 2008. 104p.

VITTI et al 2007: VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. de C.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.42, n. 2, p. 249-256, 2007.

VOSS M.; PÖTTKER D. Adubação com molibdênio em soja, na presença ou ausência de calcário aplicado na superfície do solo, em plantio direto, **Ciência Rural**, 31:787-791, 2001.

VUNKOVA-RADEVA, R.; SCHIEMANN, J.; MENDEL, R.R.; SALCHEVA, G. & GEORGIEVA, D. Stress activity of molybdenum containing complex (molybdenum cofactor) in winter wheat seeds. **Plant Physiol.**, 87:533-535, 1988.

WHITTING, L. D.; ALLARDICE, W. R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis. Part. 1 Physical and mineralogical methods.* Madison: **Soil Science Society of America**, 1986. p. 331-359.