

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO MINERAL DE
PLANTAS DE *Moringa oleifera* ADUBADAS COM
NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

Bianca Cavalcante da Silva

Engenheira Agrônoma

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO MINERAL DE
PLANTAS DE *Moringa oleifera* ADUBADAS COM
NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

Bianca Cavalcante da Silva

Orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta

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

2020

S586c

Silva, Bianca Cavalcante da

Crescimento inicial e nutrição mineral de plantas de Moringa oleifera adubadas com nitrogênio e potássio / Bianca Cavalcante da Silva. -- Jaboticabal, 2020

51 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Jairo Osvaldo Cazetta

1. Adubação nitrogenada. 2. Moringaceae. 3. Moringa Oleifera. 4. Teores de nutrientes. 5. Mudas. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CRESCIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS DE *Moringa oleifera* ADUBADAS COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO

AUTORA: BIANCA CAVALCANTE DA SILVA

ORIENTADOR: JÁIRO OSVALDO CAZETTA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JÁIRO OSVALDO CAZETTA
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. ISMAEL DE JESUS MATOS VIEGAS
Campus de Capanema / Universidade Federal Rural da Amazonia UFRA - Belém/PA
(VIDEOCONFERÊNCIA)

Profa. Dra. LUCIANA CRISTINA SOUZA MERLINO
Centro Universitário de Rio Preto / UNIRP - São José do Rio Preto/SP
(VIDEOCONFERÊNCIA)

Jaboticabal, 31 de julho de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

BIANCA CAVALCANTE DA SILVA nasceu em Capanema - PA, Brasil em 29 de outubro do ano de 1993, filha de Isis de Nazaré Cavalcante da Silva e Francisco Ferdinando Silva. Graduada em Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) no Câmpus de Capanema - PA (2018). Durante a graduação adquiriu experiências na área de Agronomia com ênfase em nutrição e fertilidade do solo, participando de projetos de pesquisa atuando como bolsista de Iniciação Científica do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento à Pesquisa) durante 3 anos, com trabalhos envolvendo cultivares de feijão caupi, calagem e omissão de nutrientes em cupuaçuzeiro. Foi membro do Grupo de pesquisa: Grupo de Estudo de Nutrição de plantas e Fertilidade do Solo da Amazônia (GENFA) da Universidade Federal Rural da Amazônia. Recebeu título de Engenheira Agrônoma em Maio de 2018. Neste mesmo ano, iniciou curso de mestrado no Programa de Pós – Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal em agosto de 2018, sendo novamente bolsista do CNPq. Nesta Universidade, cumpriu as obrigações a que lhe foram atribuídas, dentre elas, o cumprimento de créditos, além de participar da Associação de Pós Graduandos da UNESP, como primeira Diretora de Recursos Humanos, auxiliando nos eventos propostos como palestras, recepção dos novos ingressantes da Pós Graduação. É integrante do grupo de pesquisa Relações Entre Manejo, Estresse e Fisiologia de Plantas Laboratório de Tecnologia. Em Julho de 2020, submeteu-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Ciência do Solo.

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo
do céu.”

Eclesiastes 3:1

À Deus, por ter me fortalecido nos dias difíceis, sempre dispondo de anjos em minha vida. À minha família, em especial à minha mãe Isis de Nazaré pela educação, direcionamento e amor. À minha filha Maria Alice, pela força e amadurecimento que tenho tido pela sua presença em minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me deu forças durante todo esse percurso, além de fé e coragem para enfrentar todos os desafios enfrentados durante esses dois anos de mestrado.

Agradeço à minha filha, meu estímulo, meu orgulho e minha fortaleza para continuar nessa batalha, Maria Alice Cavalcante Aguiar, meu amor por você é imensurável.

Agradeço a minha mãe Isis de Nazaré Cavalcante da Silva, exemplo de mulher guerreira, heroína que me apoiou nas horas difíceis de desânimo e cansaço.

À minha biza Maria da Conceição Silva, por todo amor, carinho, apoio e companheirismo, por nunca ter nos abandonado, e sim nos abraçado nos momentos complicados.

À minha vó Raimunda Benedita da Silva por todo o companheirismo, incentivo, por acreditar nos meus ideais e ter me ajudado a está onde cheguei. Muito obrigada!

Ao Diretor do Campus da Unesp Jaboticabal-SP Dr. Antônio Sergio Ferraudo e sua secretária, pela amparo e solidariedade.

Ao meu orientador professor, Dr. Jairo Osvaldo Cazetta, pelos ensinamentos e dedicação. Meu muito obrigada!

Aos professores do curso de mestrado que tive a honra de compartilhar momentos de muito aprendizado durante o curso de mestrado (José Marques Júnior, Teresa Cristina Tarlé, Marcílio Vieira Martins Filho, Wanderley Melo, Jairo Cazetta, Renato Prado). Obrigada a todos!

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade de realização deste curso. À FEPE (Fazenda Experimental de Pesquisa e Extensão), em nome do Marcelo Scatolin, por dispor do solo e fertilizantes, além de oferecer-se a disposição quando foi necessário para o andamento da nossa pesquisa.

Ao José Carlos, Técnico de Laboratório do Departamento de Tecnologia da UNESP, pela paciência, sabedoria e humildade, em auxiliar nas análises químicas e dúvidas durante e depois da condução do experimento. Muito obrigada!

Aos meus amigos da Universidade Estadual Paulista (Gelza Carliane, Antônio Márcio, Lívia Talita, Antônio Michael, Thiago Fernandes, Ligia Rosário) pelo companheirismo e amizade. Muito obrigada!

Aos amigos de Departamento (Francisco Bruno, Diego Sodré, Maria Moura, Leonardo e Paula) pela contribuição direta ou indiretamente no experimento e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos meus amigos Juliana Roque e André Silva que foram nossa segunda família. Muito obrigada.

À banca examinadora, Ismael de Jesus Matos Viégas, Luciana Merlino e meu orientador pelas ilustres contribuições para a conclusão deste trabalho. Obrigada!

À todos que não foram citados, mas que de alguma forma, seja ela direta ou indiretamente me auxiliaram nesta jornada. Meus sinceros agradecimentos!

Este trabalho foi desenvolvido pelo apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Origem da moringa, múltiplos usos e importância do cultivo.....	3
2.2 Nitrogênio	5
2.3 Potássio.....	6
2.4 Nitrogênio x Potássio	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Condições de desenvolvimento, localização e caracterização do solo	8
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	9
3.3 Características avaliadas	10
3.3.1 Biometria (altura, diâmetro do caule e número de folhas).....	10
3.3.2 Teor de macronutrientes e micronutrientes no folíolo, pecíolo, caule e raiz.....	10
3.3.3 Acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea	11
3.4 Análise estatística	11
4 RESULTADOS	11
4.1 Variáveis biométricas	11
4.2 Teor de macronutrientes e micronutrientes no folíolo, pecíolo, caule e raiz.....	15
4.4 Acúmulo de nutrientes na parte aérea	23
5. DISCUSSÃO	25
6 CONCLUSÕES	28
7 REFERÊNCIAS	29

CRESCIMENTO INICIAL E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS DE *Moringa oleifera* ADUBADAS COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO

RESUMO - A *Moringa oleifera* é uma planta conhecida pelas suas múltiplas utilidades e por apresentar grande potencial nutritivo para alimentação humana e animal. No entanto, poucos são os trabalhos com essa cultura, principalmente os relacionados a nutrição mineral da moringa. Portanto, objetivou-se avaliar o crescimento inicial e a nutrição mineral das plantas de moringa em função das doses de nitrogênio e potássio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4 baseados em duas doses de nitrogênio (0 e 100 mg kg⁻¹) e quatro doses de potássio (0, 110, 190, 265 mg kg⁻¹) em quatro repetições. As plantas foram cultivadas em vaso de 9 kg dm³ de solo. O crescimento da moringa foi favorecido pela fertilização de N, a interação N e K resultou no descréscimo do diâmetro do caule. A presença de N também favoreceu a massa seca total e os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn no folíolo, pecíolo, caule e raiz, exceto para o K no caule e na raiz que não obtiveram diferença estatística. A interação K x Mg inibiu a absorção de Mg. A disponibilidade de 100 mg kg⁻¹ de N foi o principal fator que influenciou positivamente no crescimento e nutrição mineral das plantas de moringa. As doses de K não diferenciaram-se entre si para maioria das variáveis, portanto o teor no solo foi suficiente para garantir as funções fisiológicas e bioquímicas da planta, podendo supor que a utilização de potássio para os processos bioquímicos deve ser baixa em específico para essa cultura. A extração de K é alta em moringa, porém a sua omissão não causa danos a produção de massa seca total. O nitrogênio e o potássio foram os macronutrientes mais acumulados nas mudas de moringa, seguidos pelo cálcio, enxofre, magnésio e fósforo. Os micronutrientes mais acumulados foram Fe seguido de Mn, Zn e Cu.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, *Moringaceae*, *Moringa Oleifera*, teores de nutrientes, mudas.

INITIAL GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF *Moringa oleifera* PLANTS FERTILIZED WITH NITROGEN AND POTASSIUM

ABSTRACT - *Moringa oleifera* is a plant known for its multiple uses and for presenting great nutritional potential for human and animal food. However, there are few works with this culture, especially those related to mineral nutrition of moringa. Therefore, the objective was to evaluate the initial growth and mineral nutrition of moringa plants as a function of nitrogen and potassium doses. The experiment was conducted in a greenhouse, in a completely randomized design, in a 2 x 4 factorial scheme based on two doses of nitrogen (0 and 100 mg kg⁻¹) and four doses of potassium (0, 110, 190, 265 mg kg⁻¹) in four repetitions. The plants were grown in a 9 kg dm³ pot of soil. The growth of the moringa was favored by the fertilization of N, the interaction N and K resulted in the decrease of the stem diameter. The presence of N also favored the total dry mass and the contents of N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe and Zn in the leaflet, petiole, stem and root, except for K in the stem and in root that they did not obtain differs statistically. The K x Mg interaction inhibited the absorption of Mg. The availability of 100 mg kg⁻¹ of N was the main factor that positively influenced the growth and mineral nutrition of moringa plants. The K doses did not differ for most variables, so the soil content was sufficient to guarantee the physiological and biochemical functions of the plant, and it can be assumed that the use of potassium for biochemical processes must be low in specific to that culture. K extraction is high in moringa, but its omission does not cause damage to the total dry mass production. Nitrogen and potassium were the most accumulated macronutrients in moringa seedlings, followed by calcium, sulfur, magnesium and phosphorus. The most accumulated micronutrients were Fe followed by Mn, Zn and Cu.

Keywords: Nitrogen fertilization, *Moringaceae*, *Moringa Oleifera*, nutrient content, seedling .

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância para altura (H), diâmetro do caule (DC), número de folhas(NF) e área foliar (AF) das mudas de Moringa oleifera em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo..... 12
- Tabela 2.** Síntese da análise de variância para massa seca total (MST) em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo..... 13
- Tabela 3** Síntese da análise de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes no folíolo em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo. 16
- Tabela 4.** Síntese da análise de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes no pecíolo em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo. 18
- Tabela 5.** Síntese da análise de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes no caule em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.20
- Tabela 6.** Síntese da análise de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes na raiz em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.22
- Tabela 7.** Síntese da análise de variância para o acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.25

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Instalação do experimento, enchimento dos vasos com Latossolo Vermelho eutrófico (A), semeadura em tubetes (B), emergência das plântulas (C) e mudas de *Moringa oleifera* dispostas no início da pesquisa (D). 8
- Figura 2.** Mudanças com as doses de 0 mg kg⁻¹ N com 0 mg kg⁻¹ K (A) e 100 mg kg⁻¹ N com 265 mg kg⁻¹ K (B) aos 70 dias após emergência. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 3.** Diâmetro do caule (DC) em função da interação N x K. 13
- Figura 4.** Efeito isolado de N sobre a variável massa seca total em função do fornecimento de N e K no desenvolvimento das mudas *Moringa oleifera*. 14
- Figura 5.** Efeito do fornecimento de N e K no desenvolvimento das mudas *Moringa oleifera*. 15
- Figura 6.** Teor de K no folíolo (g kg⁻¹) (A), teor de Mn (mg kg⁻¹) (B) no folíolo em mudas de *Moringa oleifera* aos 70 dias após a emergência em função da interação N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo. 17
- Figura 7.** Teor de N no pecíolo (g kg⁻¹) (A), teor de K pecíolo (g kg⁻¹) (B) e teor de Mg no pecíolo (g kg⁻¹) (C), em mudas de *Moringa oleifera* aos 70 dias após a emergência em função de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo. 19
- Figura 8.** Teor de N no caule (g kg⁻¹) (A), teor de K caule (g kg⁻¹) (B) e teor de Mg no caule (g kg⁻¹) (C) em mudas de *Moringa oleifera* aos 70 dias após a emergência em função de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo. 21
- Figura 9.** Teor de N na raiz (g kg⁻¹) (A), teor de Mg na raiz (g kg⁻¹) (B), teor de S na raiz (g kg⁻¹) (C) e teor de Fe na raiz (mg planta⁻¹) (D) em mudas de *Moringa oleifera* aos 70 dias após a emergência em função da interação N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo. 23

Figura 10. Acúmulo de N parte aérea (g planta^{-1}) (A), acúmulo de Mg parte aérea (g planta^{-1}) (B) e acúmulo de Cu parte aérea (mg planta^{-1}) (C) em mudas de Moringa oleifera aos 70 dias após a emergência em função da interação N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo...25

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa agrícola para o desenvolvimento nas últimas décadas tem se concentrado no aumento da produtividade, a fim de alimentar uma população crescente e aliviar a escassez de alimentos (Tálos-nebehaj et al., 2017; Guillén-Román et al., 2018).

A *Moringa oleifera* pertence à família Moringaceae é a espécie de árvore mais cultivada do gênero *Moringa*, é conhecida como árvore de rabanete com relação ao sabor de raiz moída (Adefa e Terefa, 2020). Pode crescer nos trópicos úmidos ou em terras secas e quentes, é tolerante a solos com baixa fertilidade e também é pouco afetada pela seca (Sultana, 2020). A moringa é originária da África, e distribuída na América do Sul e Sudeste Asiático (Adefa e Terefa, 2020). É caracterizado como um crescimento de taxa rápida e pode ter uma altura de 7-12 m e largura de 20-40 m (Kanitta e Wannee, 2016).

Fonte de proteínas, vitaminas, sais minerais, ácido fólico e β -caroteno, todas as partes da planta de moringa podem ser utilizadas para tratamento de doenças como na medicina indígena (Calderon et al., 2019). Sendo as folhas da planta as fontes mais ricas em nutrientes (Agboola et al., 2016). A *Moringa oleifera* é usada na nutrição humana e animal e na medicina tradicional (Tiloke et al., 2018). As folhas da moringa são fonte proteína, contendo entre 22,2% e 34,4% de proteínas (Ijarotimi et al., 2013, Mune et al., 2016). Pesquisas sobre *Moringa Oleifera* tem se concentrado principalmente em compostos bioativos e fatores antinutricionais (Devisetti et al., 2016, Benhammouche et al., 2021).

Para garantir o sucesso de uma lavoura deve-se adotar técnicas que disponibilizem nutrientes para o crescimento do vegetal. O nitrogênio (N) é demandado em altas quantidades e é responsável por grandes produções e qualidade do produto final, por compor a molécula de clorofila, as bases nitrogenadas dos nucleotídeos, dos aminoácidos e proteínas (Lacerda et al., 2020). Participando também da fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta et al., 1997). Portanto, o N nas plantas incrementa no crescimento vegetativo, ou seja, na altura, no comprimento, no número de folhas e também no teor de clorofila (Taiz e Zeiger, 2013).

Já o potássio (K), é fundamental para a manutenção do estado hídrico da planta e para o processo de abertura e fechamento dos estômatos, que regulam a assimilação de CO₂ e a produção de fotoassimilados (Rosolem e Steiner, 2014). Pois o K, é ativador de várias enzimas, inclusive a redutase do nitrato, importante para o metabolismo do N. Estudos realizados por Grzebisz et al. (2020), mostraram que a utilização da dose correta de K, as altas aplicações de N podem ser reduzidas, por aumentar a eficiência do uso do nitrogênio.

No Brasil, poucos estudos sobre a eficiência do uso de nutrientes nas lavouras, em diferentes solos e estados, resultando no uso de fertilizantes em quantidades superiores ao necessário, assim estudos com a interação entre os nutrientes são importantes (Luz et al., 2020). Pois, os resultados ajudam a evitar que os produtores sigam recomendações padronizadas, o que pode ocasionar consumo de luxo, sendo necessário pesquisas que otimizem a produtividade e o uso adequado dos fertilizantes.

À vista disso, são de extrema importância as pesquisas que visem estudar os efeitos isolados e a interação da adubação potássica e nitrogenada, pois a partir desses resultados é possível recomendar aos produtores quais as doses e fontes adequadas, que maximizem a produtividade. Objetivou-se avaliar o crescimento inicial e a nutrição mineral das plantas de moringa em função das doses de nitrogênio e potássio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem da moringa, múltiplos usos e importância do cultivo

A *Moringa oleifera* Lam. é originária da Índia (Noronha, Medeiros e Pereira, 2018). A mesma é composta de apenas de um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies (Medeiros et al., 2019). Refere-se a uma planta arbórea rústica, e tem a capacidade de adaptar-se a condições climáticas dos trópicos, tolerante à seca, pode ser cultivada em uma ampla variedade de solos pobres, incluindo solo árido, com pH entre 4,5 e 9,0 (Silva et al., 2011; Oliveira et al., 2017).

E denominada popularmente por lírio branco, quiabo de quina, acácia branca, árvore rabanete de cavalo e cedro (Pereira et al., 2016). A moringa é alógama, pode ser propagada via sementes ou assexuadamente por meio de estacas, seu crescimento é rápido e chega a 12m de altura, caule grosso, as folhas são longo-pecioladas, bipinadas, com folíolos obovais, cujo comprimento é de até 3 cm, suas flores são agrupadas em inflorescências terminais do tipo cimosas, de coloração amarelo-pálidas, com frutos caracterizado como vagens e secos abrem-se longitudinalmente liberando as sementes aladas (Gonçalves, 2011; Gualberto et al., 2014).

Conhecida por “Árvore Milagrosa” e “Árvore da Vida” principalmente na África, a moringa assim foi disseminada pelo seu alto potencial aos seus inúmeros efeitos benéficos que tem sobre a saúde, nutrição, saneamento da água e meio ambiente (Padayachee e Baijnath, 2020). Além da capacidade de absorver níveis extremamente altos de CO₂, mesmo em circunstâncias divergentes, apresenta um conteúdo excepcionalmente alto de substâncias necessárias à nossa saúde (Němec et al., 2020).

As folhas da moringa são nutricionalmente ricas e servem como uma fonte magnífica de proteínas, vitaminas e sais minerais (Isah et al., 2014). Como fonte proteica fornece 33,8% de proteína bruta e digestibilidade média de 79,7%, o que a caracteriza como um ótimo suplemento para animais (Marinho et al., 2016). Apresenta em sua composição vitaminas A, B e C, sais minerais como ferro, cálcio, fósforo, potássio e zinco, em suas folhas frescas (Moyo et al., 2011) se tem mais vitamina C do que o contido em fontes tradicionais, como laranjas (Marinho et al., 2016). Além de vitamina E, semelhante a quantidade presente

nas nozes (Padayachee e Baijnath, 2020).

No Brasil vem sendo produzida para alimentação animal, pelo seu alto teor de proteína bruta e a presença de aminoácidos solúveis encontrados nas folhas da moringa que aumentam a eficiência da síntese de proteína microbiana, caracterizando esta espécie como forragem de alta qualidade (Padilla et al., 2014). Além disso, as folhas são conhecidas por serem fontes potenciais de antioxidantes naturais, como flavonóides, quercetina, β -sitosterol e zeatina (Padayachee e Baijnath, 2020; Sanjay e Dwivedi, 2015). Por esse e muitos outros motivos a *Moringa oleifera* vem se destacando nos dos sistemas de produção extensiva (Gurgel et al., 2018).

As folhas da *moringa* apresentam também a capacidade de clarificar água, por conter proteínas com baixo peso molecular. Quando seu pó é dissolvido em água por ser de carga positiva atraí partículas negativamente carregadas, tais como, argilas e siltes, formando flocos densos que sedimentam (Amagloh e Benang, 2009). O acesso a água potável é uma questão importante para muitos países em desenvolvimento (Morgan, Opio e Migabo, 2020).

Além das folhas terem o potencial de clarificar a água, as sementes também podem tratar águas com sólidos em suspensão (Lijesh e Malhotra, 2016), assim como podem ser fonte de óleo para a produção de biodiesel (Mofijur et al., 2014).

As flores da moringa se apresentam como potencial apícola, considerada uma importante fonte de néctar, podem ser utilizadas como alimentação para abelhas, vespas e beija-flores já que floresce em um período que há baixa oferta de recursos florais (Kiill et al., 2012). Para Gualberto et al. (2014) as flores de moringa são consideradas como fonte constante de néctar, principalmente nas regiões cobertas pela Caatinga, a qual se caracteriza pela sazonalidade dos recursos hídricos.

Até mesmo a raiz da moringa pode ser utilizada, uma vez que o pó da raiz pode ser misturado ao leite, para tratamento de asma, gota, reumatismo e aumento do baço ou fígado (Padayachee e Baijnath, 2020). Estudos recentes sobre a composição do pó da raiz da *Moringa oleifera* e o efeito em tratar água contaminada com *Escherichia coli*, desenvolvido pelos autores, Morgan, Opio e Migabo, (2020) mostraram que a raiz apresenta em sua composição macronutrientes como potássio, sódio, magnésio, fósforo e cálcio, e alguns

micronutrientes como manganês, cobre e zinco. E além disso, o pó da raiz de moringa reduziu as colônias de *Escherichia coli* na água contaminada em 87%.

As raízes da moringa têm o potencial de conter uma alta concentração de propriedades antimicrobianas (Tesemma et al., 2013).

O aprimoramento acerca da necessidade da aplicação de nutrientes para o crescimento de uma determinada espécie é a base da identificação e correção de suas deficiências nutricionais contribuindo para que a mesma sobreviva em diferentes tipos de solo.

2.2 Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um macronutriente de grande importância, pois é componente primário de proteínas, ácidos nucleicos, cofatores de enzimas e metabólitos secundários que desempenham papéis vitais no crescimento e desenvolvimento das plantas (Chen et al., 2020). A fonte de nitrogênio (N) e a quantidade adequada são a base para o crescimento das plantas, a eficiência máxima de uso de N e o rendimento das culturas (Qin et al., 2016 ; Zhang et al., 2016; Wan et al., 2017).

Porém, à falta de conhecimentos relacionados ao manejo do nitrogênio e aplicação inapropriada, seja ela em quantidades baixas ou excessivas, é comum na produção agrícola, uma vez que os mesmos são utilizados para atender as necessidades de crescimento das plantas incluindo cereais, vegetais e frutas, resultando em problemas ambientais e ecológicos (Qin et al., 2016; Zhang et al., 2016).

O Nitrogênio como gás N_2 se encontra em 78% da atmosfera Terrestre, precisando ser convertido em formas reativas quimicamente (amônio e nitrato) para serem absorvidos pelas plantas, esta conversão é feita por microrganismos no solo, por bactérias simbióticas vivendo em associações com as plantas ou por reações químicas (Reetz, 2018). No entanto, as plantas apresentam variação na sensibilidade a essas duas formas de N devido às diferenças nas espécies, genótipos e condições do solo (Zhang et al., 2016).

O nitrogênio faz parte estruturalmente da molécula de clorofila, e é necessário potássio para que ocorra o processo fotossintético. Os cloroplastos e a clorofila, são estruturas capazes de converter luz em energia química utilizável, e portanto são constituintes importantes do sistema fotossintético das plantas (Hu

et al., 2016b). A fotossíntese nas plantas depende muito dos processos fotoquímicos, incluindo a fluorescência da clorofila (Hafeez et al., 2018).

Na literatura dificilmente é encontrado trabalhos relacionados à nutrição mineral da moringa. Porém, estudos de Vieira et al. (2008a) e Vieira et al. (2008b) foi relatado que o N é o nutriente mais acumulado pela cultura e sua ausência no substrato provoca a redução na absorção de K, Ca e Mg resultando em redução do acúmulo de matéria seca total das plantas.

2.3 Potássio

Diferentes práticas de manejos podem garantir a tolerância da planta ao estresse hídrico, incluindo o fechamento dos estômatos e a indução de mecanismos de defesa da planta (Han et al., 2019). O correto uso de fertilizante pode aumentar essa tolerância das plantas cultivadas em diferentes condições, incluindo estresse (Wu et al., 2019). Nutrientes como o potássio, têm funções importantes nas plantas, em exemplo, o aumento da tolerância da planta a diferentes estresses (Zamani et al., 2020). Portanto cada nutriente pode afetar a fisiologia e morfologia da planta, isso dependerá de suas propriedades bioquímicas (Cui et al., 2019).

O potássio é um cátion inorgânico importante para plantas, tendo um papel substancial em vários processos fisiológicos, bioquímicos e metabólicos (Hafeez et al., 2018). Está envolvido na manutenção do potencial osmótico, homeostase citoplasmática do pH, equilíbrio de carga, ativação de enzimas, fotossíntese, translocação, regulação estomática e captação de água, não sendo um componente estrutural (Oosterhuis et al., 2014).

O metabolismo fotossintético requer concentrações apropriadas de potássio para o bom funcionamento (Marschner e Marschner, 2012). A taxa fotossintética líquida da folha, a condutância estomática, a atividade fotossintética de fosforilação, a energia de transferência de elétrons e a atividade e o conteúdo de Rubisco foram afetados significativamente por K no arroz (*Oryza sativa* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e milho (*Zea mays* L.) (Wang et al., 2012).

A nutrição balanceada de K é indispensável para a absorção de outros nutrientes do solo, transporte para a parte superficial e uso final no metabolismo (Ali et al., 2019).

2.4 Nitrogênio x Potássio

Entre os nutrientes, a aplicação de potássio (K) e sua relação positiva com o nitrogênio (N) é um dos fatores fundamentais para garantir a produtividade das culturas (Awais et al., 2017). O nitrato na seiva do xilema, por exemplo, se move junto com o íon K (Dong et al., 2012) e é redistribuído para diferentes partes da planta por meio da aplicação adequada de K (Ali et al., 2019).

As principais enzimas do metabolismo do nitrogênio são a nitrito redutase (NiR), a glutamina sintetase (GS) e a glutamato sintase (GOGAT) e trabalham em série com a redutase do nitrato (NR) (Ali et al., 2019). Com isso, a aplicação de potássio aumenta a atividade da nitrato redutase, garante a eficiência fotossintética e a formação de moléculas orgânicas primárias que contém N primordiais para a síntese de aminoácidos e proteínas (Coskun et al., 2017).

Logo, a aplicação de diferentes doses de potássio, trabalho esse realizado por Hu et al. (2016), resultaram na alteração da atividade da glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT) no algodão, juntamente com mudanças na concentração de potássio nas folhas (Hu et al., 2016), para Ali et al. (2019) os aminoácidos foliares aumentaram com a diminuição no teor de K nas folhas.

Trabalhando com algodão, Ali et al. (2020) observaram que doses iguais de N e K auxiliaram positivamente no metabolismo do nitrogênio e aumentou o rendimento do algodão de alta densidade plantado tardiamente (*Gossypium hirsutum* L.) no vale do rio Yangtze, na China.

Em estudo com doses de N e K em arroz, Xie et al. (2020) verificaram que a fotossíntese nas plantas com aplicação de N e K foram afetadas positivamente pelo balanço da carboxilação e regeneração da Ribulose 1,5-bifosfato (RuBP), estes resultados realçam o efeito sinérgico de N e K sobre a fotossíntese da folha.

A adubação potássica como resposta ao manejo do nitrogênio vem sendo discutida por Grzebisz et al. (2020) e mostraram que a utilização da dose correta de K, as altas aplicações de N podem ser reduzidas, por aumentar a eficiência do uso do nitrogênio. Assim otimiza a produtividade, diminui a contaminação do solo e da atmosfera e o gasto para o produtor.

Pesquisando a interação entre N e K sobre a produtividade de arroz, Hou et al. (2019) observaram que além da absorção e eficiência do uso do nitrogênio,

as atividades de glutamina sintetase (GS) foliar e radicular, glutamato sintetase (GOGAT) e desidrogenase de glutamato (GDH) foram significativamente beneficiadas com o fornecimento de N e K, essa sinergia aumentou o rendimento, melhorando as espiguetas preenchidas por unidade de área do arroz.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições de desenvolvimento, localização e caracterização do solo

O experimento foi desenvolvido entre julho e novembro de 2019, com a cultura da moringa cultivada em solo, na condição de casa de vegetação na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, São Paulo, com coordenadas geográficas 21 ° 15'22" Sul, 48 ° 18'58" Oeste, a uma altitude de 575 m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, em transição para Cwa. O solo utilizado no experimento, de acordo com a classificação da EMBRAPA (2018), corresponde ao Latossolo Vermelho eutrófico, com caracterização física: areia grossa 32%, areia fina 20%, silte 11% e argila 37% com textura argilo arenosa (Figura 1A).



Figura 1. Instalação do experimento, enchimento dos vasos com Latossolo Vermelho eutrófico (A), semeadura em tubetes (B), emergência das plântulas (C) e mudas de Moringa oleifera dispostas no início da pesquisa (D).

Foi realizada a análise química do solo para fins de fertilidade, de acordo

com o método descrito por Raij et al. (2001), apresentando os seguintes resultados: pH (CaCl₂): 5,8; matéria orgânica (colorimétrica): 10 g dm⁻³; P (resina trocadora de ânions): 23 mg dm⁻³; S (turbidimetria): 5 g dm⁻³; Ca: 31 mmol_c dm⁻³; Mg: 14 mmol_c dm⁻³; K: 1,8 mmol_c dm⁻³; H+Al: 15 mmol_c dm⁻³; soma de bases (SB): 47 mmol_c dm⁻³, capacidade de troca de cátions (CTC): 62 mmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V: SBx100/CTC): 75%.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de K: 0, 110, 190 e 265 mg kg⁻¹ de solo e duas condições de N: 0 mg kg⁻¹ de solo (deficiência) e 100 mg kg⁻¹ de solo (presença). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizados (DIC), com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

As fontes de N e K utilizadas foram a ureia (45% de N) e o cloreto de potássio (60% de K₂O), respectivamente. Fez-se a adubação de plantio com superfosfato simples, para suprir 60 mg kg⁻¹ de P ao solo, fornecendo não só P como também S, assumindo que superfosfato simples tem aproximadamente 8% de S. Os demais macronutrientes (Ca e Mg) estavam em quantidades adequadas para a cultura. Todos os fertilizantes foram devidamente incorporados ao volume de solo dos vasos antes do transplântio das mudas.

Foi realizada adubação com micronutrientes, nas seguintes concentrações: 0,5 mg/kg⁻¹ de B (H₃BO₃); 2,0 mg/kg⁻¹ de Mn (MnCl₂.4H₂O); 1,5 mg/kg⁻¹ de Zn (ZnSO₄.7H₂O); 1,0 mg/kg⁻¹ de Cu (CuSO₄.5H₂O) e 0,05 mg/kg⁻¹ de Mo ((Na₂MoO₄.2H₂O), necessárias para o desenvolvimento da cultura.

As doses de K foram definidas em função das classes de interpretação dos teores de K no solo, classificadas conforme Raij et al. (1997), sendo as doses 0 mmol dm³, 2,8 mmol dm³, 4,8 mmol dm³ e 6,8 mmol dm³, caracterizado por muito baixo, médio, alto e muito alto, respectivamente, houve a conversão para mg kg⁻¹ multiplicando o valor da dose pela massa atômica, ou seja, 0 mg kg⁻¹, 110 mg kg⁻¹, 190 mg kg⁻¹ e 265 mg kg⁻¹. A dose de N utilizada foi definida para atender a demanda nutricional das plantas durante a fase inicial de crescimento.

As sementes de moringa foram semeadas em tubetes e após 10 dias iniciou a emergência das plântulas (Figura 1B e C) e 15 dias depois foi realizado o transplântio para vasos com capacidade de 9 kg e preenchidos com solo,

mantendo-se 1 planta por vaso (Figura 1D).

As irrigações no início do experimento foram realizadas de dois em dois dias manualmente com a utilização de um becker, após em dias alternados, em seguida foi necessário um volume suficiente de água para manter a umidade próxima a capacidade de campo.

3.3 Características avaliadas

As análises não destrutivas iniciaram-se aos 70 dias após a emergência (DAE), período definido com base nos sintomas visuais na deficiência de N, em que as folhas velhas estavam amarelas (clorose), tais avaliações consistiram em:

3.3.1 Biometria (altura, diâmetro do caule e número de folhas)

A fim de determinar a altura da planta, foi utilizado uma fita métrica graduada em cm desde o colo da muda até o ápice da última folha totalmente expandida. O diâmetro do caule foi obtido com o uso de um paquímetro digital em mm, ao nível de 5 cm do colo das mudas. O número de folhas foi determinado a partir da contagem das folhas compostas.

A área foliar (AF) foi obtida passando-se os folíolos de uma determinada amostra aleatória pelo medidor eletrônico de área (modelo LICOR, LI 3100 A), com o resultado expresso em $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$. Adotando-se o cálculo de $\text{AFF} \cdot \text{MSTF} / \text{MSF}$, em que AFF (área foliar do folíolo), MSTF (massa seca total do folíolo) refere-se a todas as mudas, MSF (massa seca do folíolo amostrado), ou seja refere-se a muda em específico utilizada para estimar a área foliar, assim por extrapolação estimou-se a área foliar total tanto do folíolo.

3.3.2 Teor de macronutrientes e micronutrientes no folíolo, pecíolo, caule e raiz

Para determinação dos teores de todas as partes das plantas tais como folíolo, pecíolo, caule e raiz foram levados à estufa de circulação de ar forçada a temperatura de $65^\circ\text{C} \pm 5$, até atingir peso constante. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley e determinado a massa seca (g). Essas amostras foram submetidas a análise química via úmida à digestão nitroperclórica dos macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), segundo metodologia proposta por Bataglia et al. (1983). Já o N por

análise via úmida (súlfúrica). O N foi determinado pelo método de Kjeldahl. O P foi determinado pelo método de calorimetria. K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica. O S por turbidimetria.

3.3.3 Acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea

A partir dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e o valor da matéria seca, calculou-se o acúmulo dos macronutrientes e micronutrientes na parte aérea das plantas. Multiplicando os teores dos nutrientes da parte aérea pela massa seca da parte aérea.

3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e os resultados referentes a presença e deficiência de Nitrogênio foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade quando significativos e os dados referentes à doses de Potássio foram submetidos à análise de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R (R CORE TEAM, 2016).

4 RESULTADOS

4.1 Variáveis biométricas

As características altura (H), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) responderam ao fornecimento de N, porém não houve efeito para aplicação das doses de potássio (Tabela 1). As plantas sem N estavam cloróticas e portanto com desenvolvimento comprometido (Figura 2).

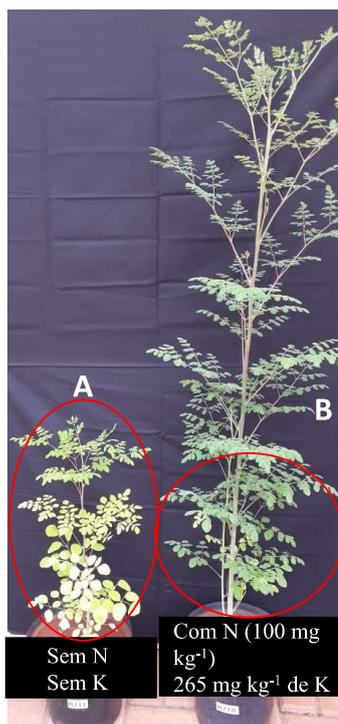


Figura 2. Mudanças com as doses de 0 mg kg⁻¹ N com 0 mg kg⁻¹ K (A) e 100 mg kg⁻¹ N com 265 mg kg⁻¹ K (B) aos 70 dias após emergência.

Quanto a interação N x K houve efeito negativo sobre o diâmetro do caule, ou seja, na presença de N a aplicação das doses de K diminuíram o DC, com ajuste ao modelo de regressão linear, sendo a taxa de decréscimo de 0,007 mm mg⁻¹ (10%) do diâmetro (Figura 3). Na condição de deficiência, os dados de diâmetro não se ajustaram aos principais modelos matemáticos de regressão, apresentando média de 11,5 mm (Figura 3).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura (H), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das mudas de *Moringa oleifera* em função das doses de N e K. *: significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo.

Fonte de variação	Teste F				
	GL	H (cm)	DC (mm)	NF	AF
N	1	276,76**	106,62**	37,71**	268,20**
K	3	2,32 ^{NS}	0,59 ^{NS}	1,55 ^{NS}	1,75 ^{NS}
N x K	3	0,17 ^{NS}	3,26 *	0,43 ^{NS}	1,64 ^{NS}
Resíduo	24	-	-	-	-
EPM	-	5,19	0,64	0,77	104,79
CV%	-	9,09	9,23	9,95	14,19

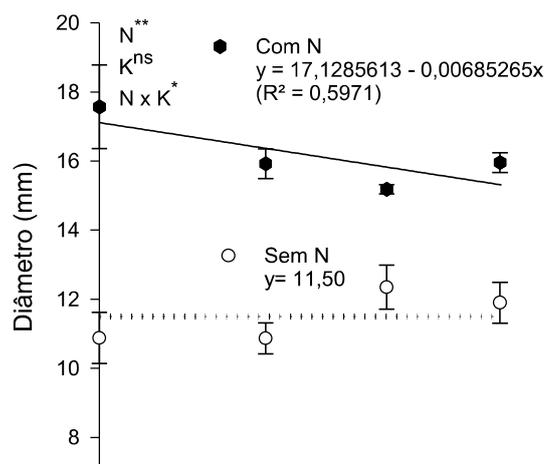


Figura 3. Diâmetro do caule (DC) em função da interação N x K.

Constata-se na (Tabela 2 e Figura 4) que o fornecimento de N favoreceu a massa seca total obtendo $54.75 \text{ g planta}^{-1}$. A medida que as plantas sem N considerando apenas as doses de K, obtiveram média de 28 g planta^{-1} de massa MST. Vieira et al. (2007) analisando os sintomas de deficiência em moringa, verificou que a omissão de N resultou no valor de $29,79 \text{ g planta}^{-1}$ de massa seca total e a omissão de K em $46,20 \text{ g planta}^{-1}$ da MST, confirmando a alta exigência por N.

Tabela 2. Síntese da análise de variância para massa seca total (MST) em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo.

Fonte de variação	GL	MST
Nitrogênio (N)	1	313.02**
Potássio (K)	3	2.12 ^{NS}
N*K	3	0.73 ^{NS}
Resíduo	24	---
Total	31	---
Média	---	41.39
CV%	---	10.31

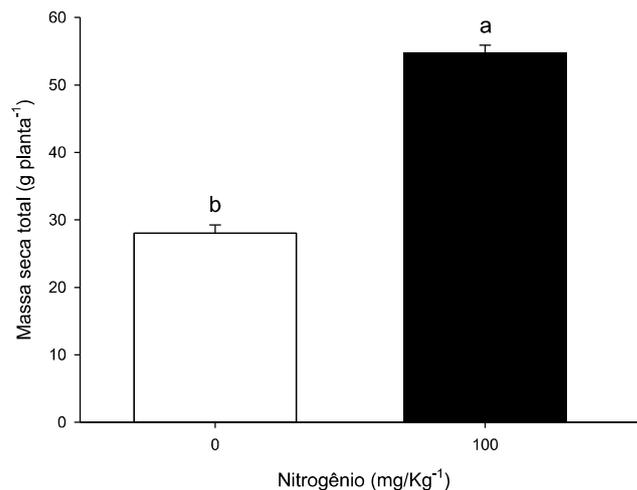


Figura 4. Efeito isolado de N sobre a variável massa seca total em função do fornecimento de N e K no desenvolvimento das mudas Moringa oleifera.

Após a análise dos dados contidos na (Tabela 2 e Figura 4), foi possível por meio da (Figura 5) avaliar visualmente as mudas de moringa. Aquelas plantas que receberam apenas as doses de potássio, tiveram seu crescimento e desenvolvimento comprometido. Já as plantas que foram supridas por N, independente das doses de K, obtiveram maior produção de folíolo, pecíolo e o caule houve pleno desenvolvimento, conseqüentemente resultou em uma maior produção de massa seca total (Figura 4 e 5).



Figura 5. Efeito do fornecimento de N e K no desenvolvimento das mudas *Moringa oleifera*.

4.2 Teor de macronutrientes e micronutrientes no folíolo, pecíolo, caule e raiz

Houve efeito significativo para as doses de nitrogênio sobre os teores de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes Cu, Fe e Zn no folíolo (Tabela 3). Em relação as doses de potássio, os teores no folíolo de K, Ca, Mg e S foram significativos. Para os teores de K e Mn no folíolo observou-se significância à interação N x K (Tabela 3).

Os teores dos nutrientes no folíolo na ausência de N foram de 27,17 g kg⁻¹ de N, 3,67 g kg⁻¹ de P, 34,96 g kg⁻¹ de K, 15,94 g kg⁻¹ de Ca, 3,42 g kg⁻¹ de Mg, 26,73 g kg⁻¹ de S, e com o fornecimento de N foram de 17,66 g kg⁻¹ de N, 2,82 g kg⁻¹ de P, 21,27 g kg⁻¹ K, 11,92 g kg⁻¹ de Ca, 2,82 g kg⁻¹ Mg, 15,37. Para os micronutrientes na ausência de N foram de 3,54 mg kg⁻¹ de Cu, 241,95 mg kg⁻¹

¹ de Fe, 14,73 mg kg⁻¹ de Zn com o fornecimento o de N os teores apresentaram-se em 2,37 mg kg⁻¹ de Cu, 196,75 mg kg⁻¹ de Fe, 10,26 mg kg⁻¹ de Zn.

Houve resposta linear crescente ao teor de K no folíolo, em função a aplicação de potássio na presença de nitrogênio (Figura 6A). A dose que proporcionou maior teor de K (25 g planta⁻¹) foi na relação N:K de 100 mg kg⁻¹ de N com 265 mg kg⁻¹ de K. Os efeitos isolados de K na ausência de N, mostraram-se maior ao teor de K no folíolo, porém não obtiveram diferença estatística entre si, tendo como média 34,95 g kg⁻¹ (Figura 6A).

Para o teor de Mn no folíolo em resposta à adubação potássica e nitrogenada (interação N x K), o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados (Figura 6B). Na ausência de N, houve um decréscimo de 0,14 g mg⁻¹ de K do teor de Mn, por outro lado na presença de N o teor de Mn aumentou linearmente em 0,18 g mg⁻¹ de Mn.

Tabela 3 Síntese da análise de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes no folíolo em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

Teste F											
Fontes de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Folíolo	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
N	1	98,72**	17,70**	148,91**	34,35**	9,89**	177,45**	11,14*	9,52**	1,27 ^{ns}	32,46**
K	3	2,14 ^{ns}	0,38 ^{ns}	5,424**	3,71*	3,87*	3,56*	0,57 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,51 ^{ns}
N x K	3	1,24 ^{ns}	2,46 ^{ns}	5,857**	1,58 ^{ns}	2,53 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,37 ^{ns}	4,26*	1,45 ^{ns}
Resíduo	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPM	-	0,078	0,0035	3,396	0,065	0,041	0,130	0,10	20,71	13,03	1,11
CV%	-	5,72	4,03	11,88	8,47	19,04	7,05	20,39	18,88	22,44	17,72

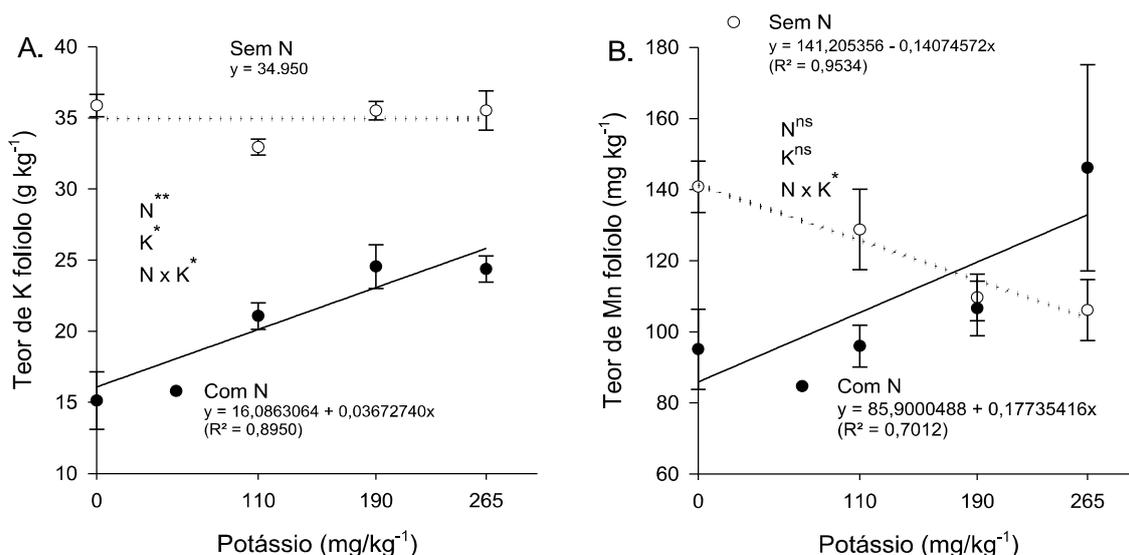


Figura 6. Teor de K no folíolo (g kg⁻¹) (A), teor de Mn (mg kg⁻¹) (B) no folíolo em mudas de Moringa oleifera aos 70 dias após a emergência em função da interação N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

Para as doses de N houve efeito significativo aos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn no pecíolo. As doses de K Verificou-se efeito significativo das doses de K em relação aos teores de K e Mg no pecíolo (Tabela 4). Em relação aos teores de N, K e Mg no pecíolo, houve diferença significativa para interação das doses (N x K) (Tabela 4, Figura 7).

Os macronutrientes apresentados no pecíolo sem o fornecimento de N foram 7,9875 g kg⁻¹ de N, 5,0569 g kg⁻¹ de P, 30,546 g kg⁻¹ de K, 17,396 g kg⁻¹ de Ca, 3,4129 g kg⁻¹ de Mg, 22,234 g kg⁻¹ de S com a presença de N obtiveram teores em 6,4825 g kg⁻¹ de N, 2,3481 g kg⁻¹ de P, 23, 141 g kg⁻¹ de K, 10,499 g kg⁻¹ de Ca, 2,3071 g kg⁻¹ de Mg, 22,234 g kg⁻¹ de S. Para os micronutrientes os teores obtidos na ausência de N ficaram dispostos em 36,43 mg kg⁻¹ de Mn, 15,98 mg kg⁻¹ de Zn com o fornecimento de N foram 27,12 mg kg⁻¹ de Mn, 12,45 mg kg⁻¹ de Zn.

Em resposta a interação N x K, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou ao teor de N no pecíolo (Figura 7A). Na ausência de N não houve diferença estatística entre as doses, portanto a média foi de 6,48 (Figura 7A). A interação N x K, mostra mais o efeito de diluição, em que com o fornecimento de 100 mg kg⁻¹ de N e 0 mg kg⁻¹ de K há um maior teor de N no pecíolo a medida

que a planta se desenvolve com o fornecimento dos nutrientes.

Para o teor de K no pecíolo houve interação positiva de N x K, com ajuste ao modelo linear. Com aumento crescente do teor de K no pecíolo em função das doses de potássio na presença de N (Figura 7B). Não houve diferença estatística entre as doses aplicadas de K na ausência de N, portanto apresentando média de 30,545 g kg⁻¹ de K (Figura 7B). O aumento de K aumenta a eficiência da utilização de N (Nascimento et al., 2020).

Para o teor de Mg no pecíolo verificou-se interação N x K negativa com ajuste linear decrescente de 0,480,18 g mg⁻¹ de Mg (Figura 7C). As plantas sem N não apresentou diferença estatística nas doses aplicadas de K tendo média de 3,41 g kg⁻¹ de K. O aumento das doses de K reduziram o teor de Mg no pecíolo.

Tabela 4. Síntese da análise de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes no pecíolo em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

Teste F												
Fontes de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
Pecíolo		g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
N	1	24,47**	166,42**	66,64**	96,17**	27,13**	177,02**	0,33 ^{ns}	1,18 ^{ns}	29,70**	7,32*	
K	3	1,45 ^{ns}	0,45 ^{ns}	10,60**	4,40*	5,27**	0,43 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,85 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,25 ^{ns}	
N X K	3	3,05*	0,63 ^{ns}	10,01**	0,34 ^{ns}	3,08*	0,61 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,66 ^{ns}	2,47 ^{ns}	0,54 ^{ns}	
Resíduo	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
EPM	-	0,43	0,30	1,28	0,99	0,37	1,23	0,15	8,05	2,42	0,0042	
CV%	-	11,89	16,04	9,56	14,26	25,73	14,88	27,99	23,95	15,21	2,49	

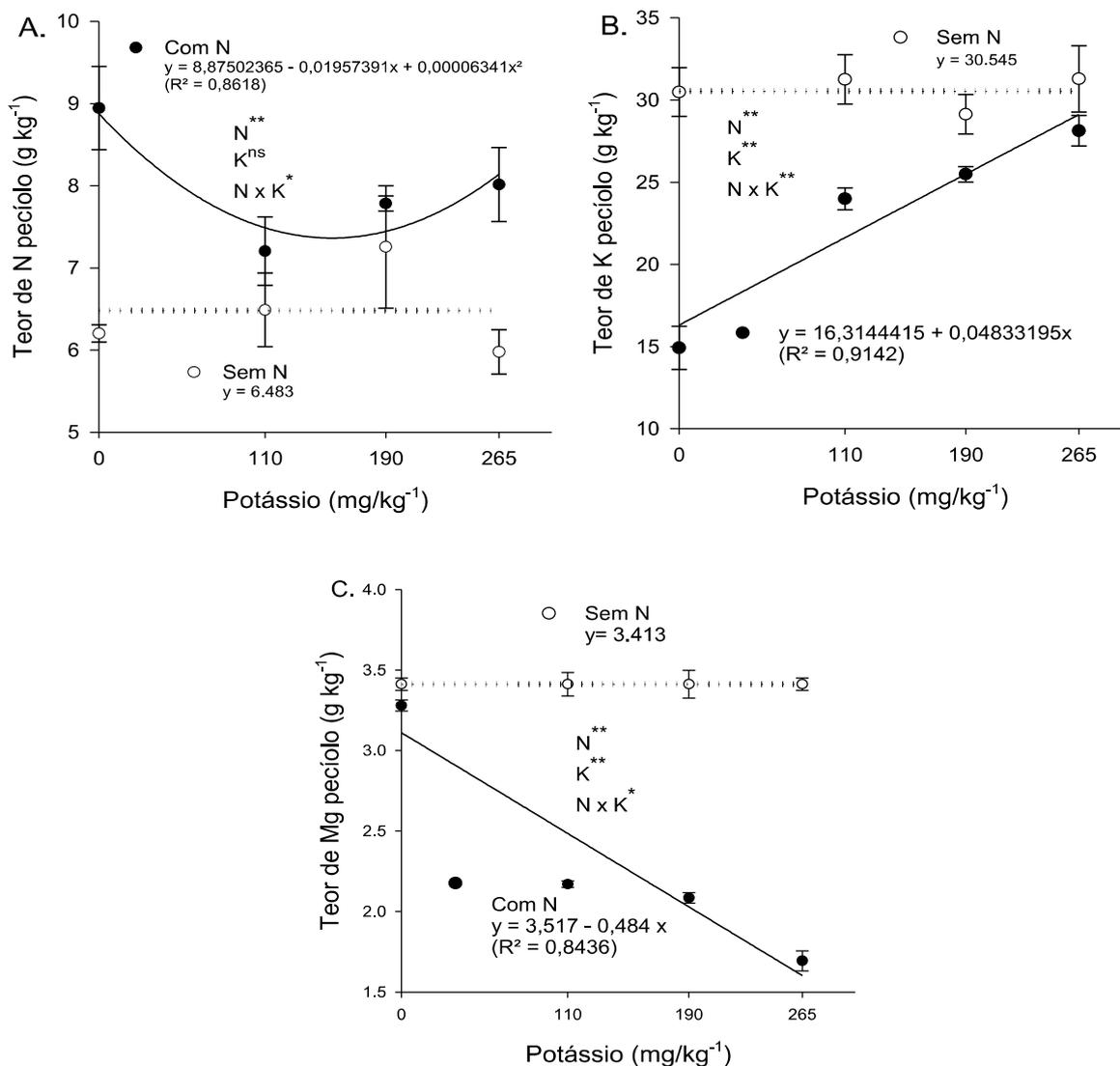


Figura 7. Teor de N no peciolo (g kg⁻¹) (A), teor de K peciolo (g kg⁻¹) (B) e teor de Mg no peciolo (g kg⁻¹) (C), em mudas de Moringa oleifera aos 70 dias após a emergência em função de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

Aos teores de nutrientes no caule com efeito significativo isolado de N foram N, P, Ca, Mg, S, Mn e Zn (Tabela 5). Não houve efeito para aubação potássica nos teores de macronutrientes e micronutrientes no caule. Apresentou-se em interação N x K no caule nos teores de N, P e K (Tabela 5 e Figura 8).

Para os nutrientes no caule sem a aplicação de N os teores apresentaram-se em 6,18 g kg⁻¹ de N, 2,90 g kg⁻¹ de P, 14,22 g kg⁻¹ de Ca, 3,99 g kg⁻¹ de Mg, 6,15 g kg⁻¹ de S. Com a presença de N obtiveram teores em 4,94 g kg⁻¹ de N,

1,82 g kg⁻¹ de P, 6,99 g kg⁻¹ de Ca, 2,15 g kg⁻¹ de Mg, 4,44 g kg⁻¹ de S. Para os micronutrientes os teores obtidos na ausência de N foram de 28,00 mg kg⁻¹ de Mn, 16,33 mg kg⁻¹ de Zn com o fornecimento de N foram 21,38 mg kg⁻¹ de Mn, 14,22 mg kg⁻¹ de Zn.

O teor de N no caule recebeu efeito significativo da interação N x K com ajuste ao modelo quadrático. Em que o menor valor do teor de N no pecíolo foi observado na dose calculada de 173,3 mg kg⁻¹ de K (Figura 8A). Na ausência de N não houve diferença entre as doses de K, assim sendo a média foi de 4,9481 g kg⁻¹ de N no pecíolo.

Houve efeito significativo da interação N x K para o teor de P no pecíolo, sendo analisado o menor teor de P na dose calculada de 153,9 mg kg⁻¹ de K (Figura 8B). Já para as plantas com fornecimento de N, resultaram em menor teor de P no pecíolo com média de 1,82 g kg⁻¹ de P no pecíolo. Podendo ser explicado pelo efeito de diluição, já que as mudas que receberam N resultou em pleno crescimento quando comparado as plantas na ausência de N as quais sofreram efeito de concentração do nutriente (Figura 8B).

Observa-se na Tabela 5, resultado significativo da interação N x K com ajuste linear positivo apresentando taxa de acréscimo de 0,027 g mg⁻¹ de K, constata-se a eficiência da absorção de K pela presença de N em exceção da dose de 0 mg kg⁻¹ de K. O inverso é verdadeiro, uma vez que na ausência de N, ocorreu decréscimo de 0,02 de g mg⁻¹ no teor de P no pecíolo.

Tabela 5. Síntese da análise de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes no caule em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

teste F											
Fontes de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Caule		g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹					
N	1	25,10**	204,19**	0,10 ^{ns}	64,68**	36,48**	36,31**	3,32 ^{ns}	2,04 ^{ns}	9,42**	6,00*
K	3	1,20 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,32 ^{ns}
N X K	3	3,65*	3,22*	7,91**	1,24 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,80 ^{ns}
Resíduo	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPM	-	0,35	0,10	1,34	1,25	0,41	0,40	0,031	0,0032	2,77	1,21
CV%	-	12,54	8,86	17,15	24,74	27,92	15,13	30,955	1,8353	22,12	15,90

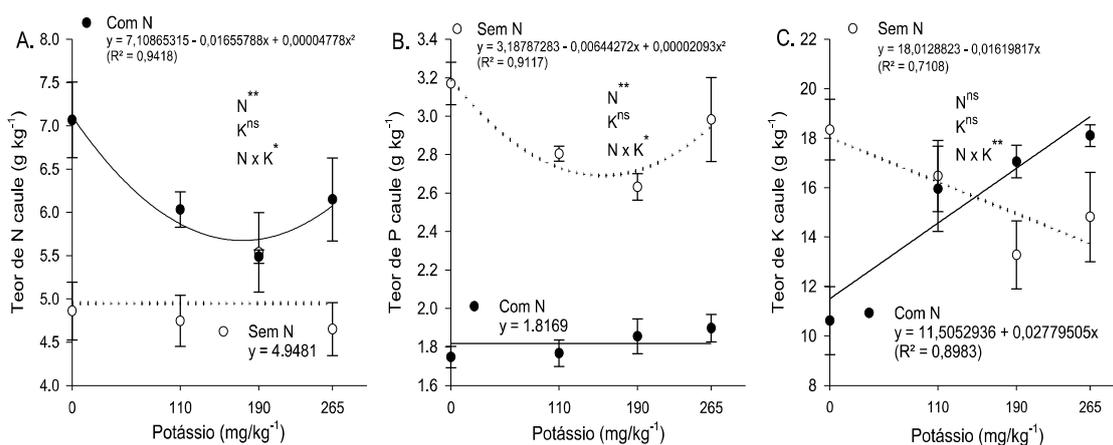


Figura 8. Teor de N no caule (g kg⁻¹) (A), teor de K caule (g kg⁻¹) (B) e teor de Mg no caule (g kg⁻¹) (C) em mudas de *Moringa oleifera* aos 70 dias após a emergência em função de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

O fornecimento de N apresentou efeito significativo aos teores de N, P, Ca, Mg, S, Fe e Mn na raiz (Tabela 6). O efeito isolado de K ocorreu apenas para o teor de Fe na raiz. Já a interação N x K na raiz foi nos teores de N, Mg, S e Mg (Tabela 6).

Para o efeito significativo de N, os teores dos nutrientes na raiz em função da ausência de nitrogênio foram 5,10 g kg⁻¹ de N, 2,50 g kg⁻¹ de P, 6,48 g kg⁻¹ de Ca, 2,30 g kg⁻¹ de Mg, 4,13 g kg⁻¹ de S. Por outro lado, com o fornecimento de N os teores na raiz apresentaram-se em 2,94 g kg⁻¹ de N, 1,74 g kg⁻¹ de P, 4,90 g kg⁻¹ de Ca, 1,70 g kg⁻¹ de Mg, 3,16 g kg⁻¹ de S. Para os micronutrientes os teores obtidos na ausência de N ficaram dispostos em 558,80 mg kg⁻¹ de Fe, 33,90 mg kg⁻¹ de Mn na presença de N foram 152,03 mg kg⁻¹ de Fe, 21,31 mg kg⁻¹ de Mn.

A interação N x K foi significativa ao teor de N na raiz sendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou aos atributos avaliados, apresentando o menor teor na dose calculada 154,96 mg kg⁻¹ de K (Figura 9A). Já na ausência de N, o teor de nitrogênio na raiz não recebeu efeito significativo das doses de K e apresentou média de 2,94 g kg⁻¹ (Figura 9A).

O teor de Mg na raiz recebeu efeito significativo da interação N x K, sendo o modelo linear o que melhor se ajustou a variável estudada, com taxa de decrescente de 0,0049 g mg⁻¹ K (Figura 9C). Quanto maior as doses de K na

presença de N menor foi o teor de Mg na raiz, muito semelhante esse comportamento ao teor de Mg no pecíolo (Figura 7C). Esse efeito ocorre pela interação K e Mg, com efeito negativo já que a presença de K pode inibir a absorção de Mg.

O efeito da interação N x K recebeu ajuste linear negativo com taxa de decréscimo de 0,000075 g mg⁻¹ de S sobre o teor de enxofre na raiz (Figura 9D). Plantas na ausência de N, não receberam efeito significativo de K tendo por média 3,16 g kg⁻¹ de S na raiz.

Ao teor de Fe na raiz, houve efeito da interação N x K. Em que na condição da ausência de N, quanto maior foram as doses de K menor foi o teor de Fe na raiz, com ajuste ao modelo linear negativo com taxa de decréscimo de 2,54 g mg⁻¹ de Fe. Já na presença de N, as mudas não foram afetadas pelas doses de K, tendo por média o valor de 304,74, o coeficiente de variação para variável Fe foi alta (Tabela 6).

Tabela 6. Síntese da análise de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes na raiz em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

Teste F											
Fontes de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Raiz	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
N	1	84,17**	191,84**	0,32 ^{ns}	15,39**	41,05**	34,57**	2,66 ^{ns}	51,6**	13,24**	29,16 ^{ns}
K	3	2,76 ^{ns}	2,15 ^{ns}	2,87 ^{ns}	0,89 ^{ns}	2,67 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,44 ^{ns}	13,8**	0,95 ^{ns}	1,23 ^{ns}
N x K	3	5,24**	1,22 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,51 ^{ns}	3,76*	5,33**	0,45 ^{ns}	11,5**	0,74 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Resíduo	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPM	-	0,33	0,08	3,36	0,012	0,015	1,23	0,22	0,059	4,43	0,031
CV%	-	16,44	7,38	16,99	6,51	15,43	12,82	38,47	6,3450	32,79	7,17

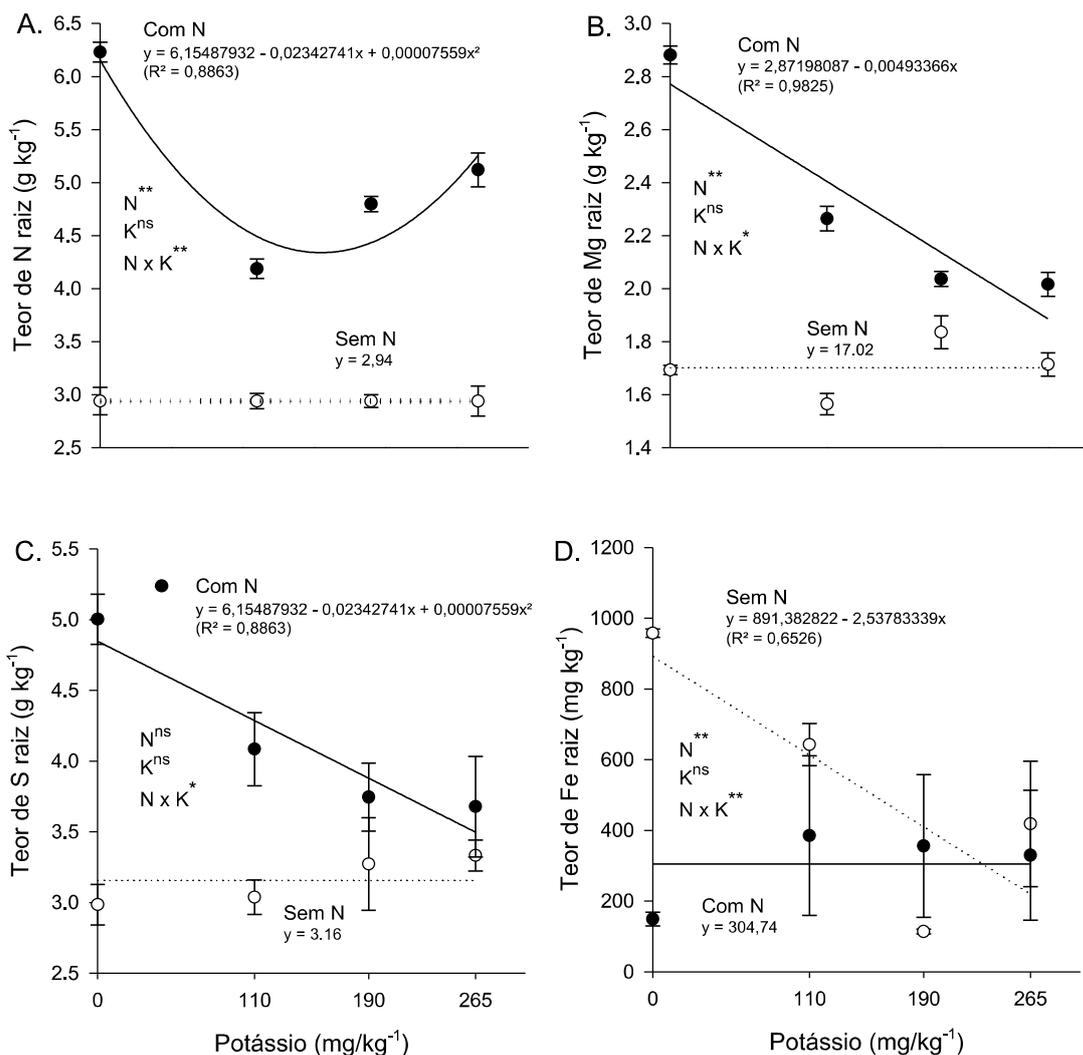


Figura 9. Teor de N na raiz (g kg⁻¹) (A), teor de Mg na raiz (g kg⁻¹) (B), teor de S na raiz (g kg⁻¹) (C) e teor de Fe na raiz (mg planta⁻¹) (D) em mudas de Moringa oleifera aos 70 dias após a emergência em função da interação N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo.

4.4 Acúmulo de nutrientes na parte aérea

O efeito do nitrogênio foi significativo para o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn (Tabela 7). Enquanto o efeito do potássio foi restrito ao acúmulo de P, K e Cu. A interação entre os fatores, doses de nitrogênio e doses de potássio, foi significativa para acúmulo de K, Mg e Cu na parte aérea (Tabela 7).

Verificou-se efeito significativo de N para mudas de moringa ao acúmulo dos nutrientes na parte aérea com valores de 14,52 g planta⁻¹ de N, 0,0389 g planta⁻¹ de P, 0,5878 g planta⁻¹ de K, 0,1430 g planta⁻¹ de Ca, 0,0442 g planta⁻¹ de Mg, 0,0997 g planta⁻¹ de S, 0,0298 mg planta⁻¹ de Cu, 3,0090 mg planta⁻¹ de Fe, 0,5052 mg planta⁻¹ de Mn, 0,3007 mg planta⁻¹ de Zn. Na ausência de N os valores apresentaram-se em 0,7755 g planta⁻¹ de N, 0,0142 g planta⁻¹ de P, 0,1985 g planta⁻¹ de Ca, 0,0657 g planta⁻¹ de Mg, 0,0184 g planta⁻¹ de S, 0,0308 mg planta⁻¹ de Cu, 0,9078 mg planta⁻¹ de Fe, 0,0067, 0,1388 mg planta⁻¹ de Mn, 0,0793 mg planta⁻¹ de Zn.

As doses de N e K influenciaram positivamente as concentrações de K, ou seja, o maior acúmulo de K na parte aérea em plantas de moringa foram verificadas quando além da adubação nitrogenada houve a aplicação de doses de K. Com ajuste linear positivo, tendo taxa de acréscimo de 0,0012 g mg⁻¹ de K. (Tabela 7 e Figura 10A). Efeito sinérgico. Já as mudas na ausência de N não diferenciaram-se entre si para o acúmulo de K na parte aérea obtendo média de 0,1985 g planta⁻¹ de K.

Houve resposta linear decrescente do acúmulo de Mg, em função da aplicação de potássio na presença de N. Quanto maior as doses de K menor o acúmulo de Mg na parte aérea, com taxa de decréscimo de 0,000058 g mg⁻¹ de K (Figura 10B). Inibição competitiva K e Mg. O menor acúmulo de Mg na parte aérea ocorreu na deficiência de N de 0,0138 g planta⁻¹.

Na Figura 10C, observa-se ajuste linear crescente para o acúmulo de Cu na parte aérea em função das doses de K junto com a fertilização nitrogenada. Obtendo o menor acúmulo de Cu quando houve a ausência de nitrogênio.

Tabela 7. Síntese da análise de variância para o acúmulo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea em função das doses de N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo.

Teste F												
Fontes de variação	GL	N	K	P	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
Ac. parte aérea												
		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
N	1	651,2**	372,3**	465,8**	97,2**	111,4**	364,4**	61,2**	24,8**	161,9**	323,1**	
K	3	2,63 ^{ns}	14,97**	4,78**	1,11 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,32 ^{ns}	4,29*	0,35 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,48 ^{ns}	
N X K	3	2,45 ^{ns}	10,50**	0,03 ^{ns}	0,58 ^{ns}	4,32*	0,72 ^{ns}	3,06*	2,35 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,90 ^{ns}	
Resíduo	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
EPM	-	0,017	0,029	0,002	0,011	0,0035	0,0051	0,0042	0,22	0,041	0,024	
CV%	-	14,66	14,51	12,21	21,27	22,072	15,64	45,89	99,64	25,295	18,343	

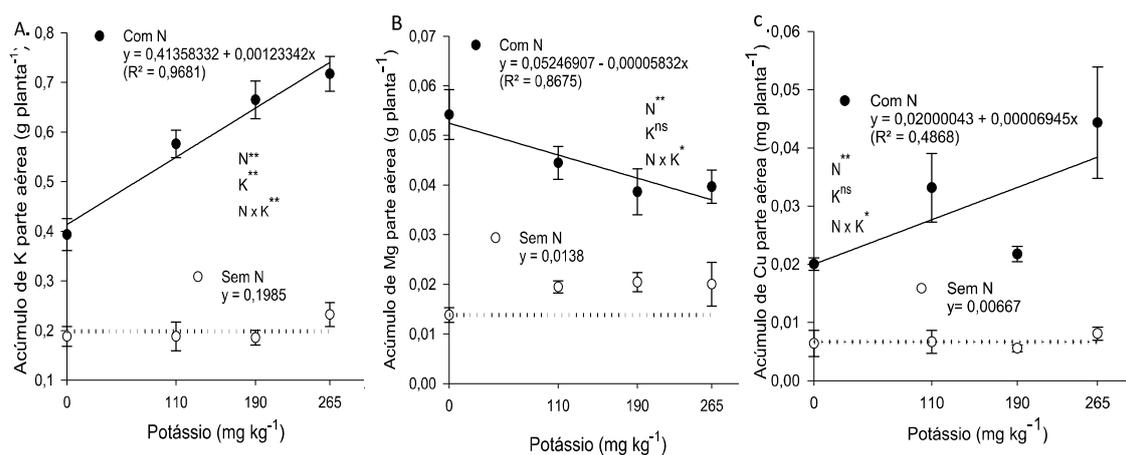


Figura 10. Acúmulo de N parte aérea (g planta⁻¹) (A), acúmulo de Mg parte aérea (g planta⁻¹) (B) e acúmulo de Cu parte aérea (mg planta⁻¹) (C) em mudas de Moringa oleifera aos 70 dias após a emergência em função da interação N e K. *:significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo.

5. DISCUSSÃO

Em relação ao efeito à adubação potássica, resultados semelhantes foram obtidos por Soares et al. (2020). A explicação para o efeito não significativo, pode ter ocorrido pelo fato do teor de K contido no solo tenha sido

suficiente para o desenvolvimento inicial das mudas, considerando que nenhum sintoma visual de carência de potássio foi observado durante a condução do experimento (Tabela 1).

O diâmetro do caule afetado negativamente pela interação N x K pode ter algumas possíveis explicações, plantas com a aplicação de N apesar de não ter sido significativo às doses de K, houve um maior crescimento, tendo portanto aumento na enlogação do caule e menor espessura do caule como consta na figura 4. Assim como poderia também ser explicado pelo aumento do efeito osmótico, sobre o diâmetro do caule (Figura 5B), como descrito para esta variável em plantas de aceloreira por Alvarenga et al. (2019), porém não apresentou o mesmo efeito para outras variáveis. E o efeito da inibição competitiva ocasionada pela interação K x Mg pode também ter afetado o diâmetro do caule.

A *Moringa oleifera* é altamente exigente em nitrogênio, e baixa exigência ao K, já que não houve resposta significativa ao K para maioria das variáveis estudadas nessa pesquisa, como por exemplo massa seca total. Vieira et al. (2008a) também não verificaram diferença significativa na produção de matéria seca total de plantas de moringa cultivadas em solução nutritiva sem K em relação as cultivadas com solução nutritiva completa.

Importante analisar o trabalho desenvolvido por Vieira et al. (2008b) no qual as plantas de moringa cultivadas com o fornecimento de todos os nutrientes (solução nutritiva completa) acumularam 23,48 g kg⁻¹ de K e as cultivadas em solução sem K apresentaram teores de 7,04 g kg⁻¹ de K na matéria seca foliar. Bastante semelhante aos valores encontrados nessa pesquisa. Isto nos leva a inferir que possivelmente a utilização de potássio para os processos bioquímicos deve ser baixa em específico para essa cultura.

As plantas que não receberam N, tiveram o seu desenvolvimento comprometido, afetando negativamente o enlogamento do caule, a produção de folhas, produção de clorofila (Figura 5) e baixa produção de massa seca (Figura 4 e tabela 2). Contudo nessa mesma condição, obtiveram um maior teor de macronutrientes e micronutrientes no folíolo, pecíolo, caule e raiz. E o teor dos nutrientes das mudas com a presença de N, resultou em menor teor de macronutrientes e micronutrientes.

Segundo Wadt (2011) as altas produções relacionadas ao baixo teor

nutricional demonstra os casos dos efeitos de diluição, e os altos teores nutricionais associa-se a baixa produtividade representando os casos de efeito de concentração. Concordando com resultados encontrados por Nascimento et al., (2020) na relação N:K, o maior teor de K foi de ($39,5 \text{ g kg}^{-1}$) no tratamento que resultou no menor crescimento das plantas, justamente pelo efeito de concentração.

O efeito sinérgico entre N e K favoreceu o teor de K no folíolo, pecíolo, caule e no acúmulo de K da parte aérea da moringa. Já que o aumento de K aumenta a eficiência da utilização de N (Nascimento et al., 2020). Resultados semelhantes foram encontrados por Dias et al. (2012) ao estudar quatro doses de K e quatro doses de N na cultura da goiabeira, identificou a significância para eficiência de absorção de K em função da aplicação de N com exceção também para a dose 0 mg dm^{-3} de K.

O efeito da interação entre Mn^{2+} com Fe^{2+} e Mg^{+} resultam em inibição competitiva. A presença de Mg e Fe assim como Cu e Zn pode inibir a absorção de Mn e até mesmo o seu transporte (Prado, 2020).

O decréscimo do teor de Mg no pecíolo, na raiz, assim como ao acúmulo de K na parte aérea em função das doses de K (Figura 7C), se explica pelos altos teores de K no tecido da planta da moringa, podendo ser analisado através das (Figuras 6A, 7B, 8C e 10A), o que pode os teores de K inibir por competição iônica a absorção do Mg (Figura 7C, 9B e 10B). O K^{+} pode ter inibido a absorção de Mg^{2+} , e a absorção por K preferencial, é dada pelo fato de ser um íon monovalente com menor grau de hidratação comparado aos divalentes (Prado, 2020).

As plantas que receberam nitrogênio na dose 0 mg kg^{-1} de K pode ter ocasionado um pequeno estresse afetando o metabolismo do vegetal e portanto concentrando o nutriente, a medida que aumenta as doses de K as mudas de moringa se desenvolvem e dilue essa concentração de N, porém na última dose de 265 mg kg^{-1} indica que a planta sofreu excesso de K e levou novamente a concentração de N no pecíolo, caule e raiz (Figura 7A, 8A, 9A).

O teor de enxofre diminui com a fertilização de N e K, pois segundo a observação de Goh e Kee (1978) a aplicação de nitrogênio na forma de nitrato provocou decréscimo na absorção de enxofre pela planta. Ressalta Malavolta (1980) que o excesso de cloro pode diminuir a absorção de enxofre. Nesse

estudo foi aplicado cloreto de potássio para disponibilizar K. Justificando, pois, essa interação negativa (Figura 9C).

O teor elevado de P no solo e aumento do valor de pH do solo pode diminuir o teor de Fe na raiz sem N (Prado, 2020) (Figura 9D). Já o acúmulo de Cu na parte aérea aumentou em função das doses de K na presença de N. A deficiência de Fe pode acontecer se o Cu remover das suas posições o Fe, provocando sua deficiência (Mengel e Kirkby, 1987).

A moringa possui alto teor de nutrientes em seus tecidos (Tabela 7), apresentando a seguinte ordem de acúmulo na parte aérea: $N > K > Ca > S > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu$. Observa-se algumas particularidades em relação ao requerimento de macronutrientes para formação das folhas, principalmente em relação à exigência de N para formação de proteínas, outra particularidade é alta absorção pelo K tendo alta concentração desse nutriente no tecido vegetal, porém a omissão do mesmo não gera distúrbios na muda de moringa, constatado através dos dados de massa seca total (Tabela 2, Figura 4 e Figura 5). É importante ressaltar que o solo utilizado para o experimento foi de média a alta fertilidade.

6 CONCLUSÕES

A disponibilidade de 100 mg kg^{-1} de N foi o principal fator que influenciou positivamente no crescimento e nutrição mineral das plantas de moringa.

As doses de K não diferenciaram-se entre si para maioria das variáveis, portanto o teor no solo foi suficiente para garantir as funções fisiológicas e bioquímicas da planta.

A extração de K é alta em moringa, porém a sua omissão no solo onde foi realizada a pesquisa, não causou danos a produção de massa seca total.

O nitrogênio e o potássio foram os macronutrientes mais acumulados nas mudas de moringa, seguidos pelo cálcio, enxofre, magnésio e fósforo. O Fe e o Mn os micronutrientes mais acumulados seguidos de Zn e Cu.

7 REFERÊNCIAS

Adefa T, Tefera M (2020) Acúmulo de metais pesados e avaliação de risco à saúde em *Moringa Oleifera* da Zona Awi, Etiópia. **Química África**. Vol. 3, pag. 1073 – 1079.

Agboola O, Orji D, Olatunji A, Olowoyo J (2016) Bioacumulação de metais pesados por *Moringa Oleifera* em oficinas de automóveis de três governos locais selecionados, Ibadan, Nigéria. **West African Journal of Applied Ecology** 24: 9–18.

Ali S, Hafeez A, Ma X, Tung SA, Chattha MS, Shah AN, Luo D, Shoaib AS, Liu J, Yang G (2019) Proporção igual de potássio-nitrogênio regulou o metabolismo do nitrogênio e o rendimento de algodão de alta densidade plantado tardiamente (*Gossypium hirsutum* L.) no vale do rio Yangtze, na China. **Culturas e produtos industriais** 129:231-241.

Alvarenga CFS, Silva EM, Nobre RG, Gheyi HRL, Geovani S, E Silva LA (2019) Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, 42:191-200.

Amagloh F, K.; Benang A (2009) Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultura Research** 4:119 -123.

Awais MA, Wajid, Nasim W (2017) Nitrogênio e população de plantas alteram a capacidade de captura e utilização de radiação do girassol em ambiente semi-árido **Environmental Science and Pollution Research** 24 (21): 17511 - 17525.

Barbosa JC., Maldonado JW (2015) AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. **Jaboticabal: FCAV/UNESP**, 2015 p. 396.

Bataglia OC, Furlani AM, Teixeira JPF, Gallo JR, (1983) **Métodos de análise química de planta**. Campinas-SP: Instituto Agrônômico, (Boletim Técnico, 78). 1983. p.48.

Benhammouche T, Melo A, Martins Z, Faria MA, Pinho SCM, Ferreira IMLPVO, Zaidi F (2021) Qualidade nutricional de concentrados de proteína de folhas de *Moringa oleifera* *in vitro* digestibilidade. **Food Chemistry**. Vol. 348, 128858.

Calderon P, Saguilán A, Cruz A, Carrillo-Ahumad J, Hernández-Uribe J, Acevedo-Tello S, Torruco-Uco J (2019) Tortilha com adição de farinha de Moringa oleífera: físico-química, textura e capacidade antioxidante. **LWT - Food Science Technology** 100: 409–415.

Chen H, Jia Y, Xu H, Wang Y, Zhou Y, Huang Z, Yang L, Li Y, Chen L, Guo J, A (2020) Nutrição do amônio inibe o crescimento das plantas e a absorção de nitrogênio em mudas de citros. **Scientia Horticulturae** 272:109526.

Coskun D, Brito DT, Kronzucker HJ (2017) The nitrogen–potassium intersection: membranes, metabolism, and mechanism. **Plant, Cell and Environment** 40:2029- 2041.

Cui YN, Xia ZR, Ma Q, Wang WY, Chai WW, Wang SM (2019) Os efeitos sinérgicos de sódio e potássio na xerófita *Apocynum venetum* em resposta ao estresse hídrico. **Plant Physiology and Biochemistry**, 135, pp. 489 – 498.

Devisetti R, Sreerama YN, Bhattacharya S (2016) Processing effects on bioactive components and functional properties of moringa leaves: development of a snack and quality evaluation. **Journal of Food Science and Technology** 53(1):649–657.

Dong H, Li W, Eneji A, Zhang D (2012) Efeitos da taxa de nitrogênio e da densidade de plantas no rendimento e na senescência foliar tardia do algodão criado em um campo salino. **Environmental Science and Pollution Research**, 126:137 - 144.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, p.531.**

Goh KM, Kee KK (1978) Effects of nitrogen and sulphur fertilization on the digestibility and chemical composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Plant and Soil, Madison**, v.50, n.1, p.161-171.

Gonçalves EG (2011) Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares/ Eduardo Gomes Gonçalves, **Harri Lorenzi**. 2. Ed. SãoPaulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011.

Grzebisz W, Szczepaniak W, Bocianowski J (2020) Adubação potássica como propulsora do manejo sustentável do nitrogênio na batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa de Campo**. 254:107824.

Gualberto AF, Ferrari GM, Abreu KPM, Preto BL, Ferrari JL (2014) Características, propriedades e potencialidades da moringa (*Moringa oleífera* Lam.): Aspectos agroecológicos. **Revista Verde**, v.9:19 – 25.

Gurgel ALC, Difante GS, Roberto FFS, Dantas JLS (2018) Suplementação estratégica para animais em pasto. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, 12:1- 10.

Hafeez A, Ali S, Ma X, Tung SA, Shah NA, Liu A, Ahmed S, Muhammad Chattha, S, Yanga G (2018) Potassium to nitrogen ratio favors photosynthesis in late-planted cotton at high planting density. **Industrial Crops and Products**. Volume 124:369-381.

Han Y, Yang H, Wu M, Yi H, (2019) Maior tolerância à seca de mudas de milho por fumigação com dióxido de enxofre. **Ecotoxicology - Environmental Safety**, 178, pp.9 – 16.

Hou W, Xue X, Li X, Khan MR, Yan B, Ren T, Cong R, Lu J (2019) Interactive effects of nitrogen and potassium on: Grain yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency of rice in low potassium fertility soil in China. **Field Crops Research**, 236:14-23.

Hu W, Jiang N, Yang J, Meng Y, Wang Y, Chen B, Zhao W, Oosterhuis DM, Zhou Z (2016) Potassium (K) supply affects K accumulation and photosynthetic physiology in two cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars with different K sensitivities. **Field Crops Research**, 196:51 – 63.

Hu W, Zhao W, Yang J, Oosterhuis DM, Loka DA, Zhou Z (2016) Relação entre adubação potássica e metabolismo de nitrogênio na folha que subtende a cápsula do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) durante o estágio de desenvolvimento da cápsula. **Plant Physiology and Biochemistry**, 101:113 – 123.

Ijarotimi OS, Adeoti OA, Ariyo O (2013) Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristics of raw, germinated, and fermented *Moringa oleífera* seed flour. **Food Science & Nutrition**. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70>.

Isah AD, Bello AG, Zarumaye SA (2014) Efeitos das alturas de corte e do intervalo de corte no rendimento de *Moringa oleífera* (rabanete). **Jornal**

Internacional de Desenvolvimento e Sustentabilidade, 3 (5):1147 – 1151.

Kanitta J, Wannee J (2016) *Moringa oleifera* um novo desafio para reduzir a toxicidade de metais pesados. **Indian Journal Agricultural Research** 50: 199–205.

Kiill LHP, Martins CTVD, Paulo CFL (2012) *Moringa oleifera*: Registro dos Visitantes Florais e Potencial Apícola para a Região de Petrolina, PE. Embrapa Semiárido. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 101: 19.

Lacerda EG, Sanches LFJ, Queiroz JO, Silva CP (2020). Adubação nitrogenada no vigor das mudas, concentração de aminoácidos e proteínas totais e no teor de clorofila no feijão-de-corda (*vigna unguiculata*). **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, 6:11.

Lijesh KP, Malhotra R (2016) Redução da turbidez da água usando *Moringa oleifera*. **Internacional Journal of Applied Engineering Research**, 11:1414 – 1423.

Malavolta E (1980) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo : Ceres, 1980. 251p.

Malavolta E, Moraes MF (2007) Fundamentos do nitrogênio enxofre na nutrição mineral de plantas cultivadas. In: Yamada T, Abdalla SRS, Vitti GC. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura Brasileira. Piracicaba: International plant nutrition institute** p. 189-249.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA (1989) **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.201.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA (1997) **Avaliação do estado nutricional das plantas :princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 2:319.

Marana JP, Miglioranza E, Fonseca EP, Kainuma RH (2008) Índices de qualidade e crescimento demudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, Santa Maria, 38(1).

Marinho JBM, Arruda AMV, Fernandes RTV, Melo AS, Souza RF, Santos LOG, Figueirêdo LCF, Vasconcelos FRTV, Mesquita ACN (2016) Uso da moringa na

alimentação animal e humana: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, 10:619-627.

Marschner P (2012) Marchner's mineral nutrition of higher plants. Londres, Reino Unido: **Academic Press**, 3:178 – 189.

Mengel K, Kirkby EA (1987) **Principles of Plant Nutrition**. International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Switzerland, 1987.

Mofijur M, Masjuki HH, Kalam MA, Atabani AE, Fattah IMR, Mobarak HM (2014) Avaliação comparativa das características de desempenho e emissão de Moringa oleifera e biodiesel à base de óleo de palma em motor diesel. **Produtos agrícolas e produtos**, 53:78 – 84.

Morgan CR, Opio C, Migabo S (2020) Chemical composition of Moringa (*Moringa oleifera*) root powder solution and effects of Moringa root powder on *E. coli* growth in contaminated water. **Revista Sul-Africana de Botânica**, 129:243-248.

Mune MAM, Nyobe EC, Bassogog CB e Minka SR | Fatih Yildiz (Editor de Revisão) (2016) Uma comparação sobre a qualidade nutricional de proteínas de folhas e sementes de *Moringa oleifera*, **Cogent Food & Agriculture**, 2: 1, DOI: 10.1080 / 23311932.2016.1213618.

Nascimento CS, Nascimento CS, Cecilio Filho AB (2020) Relação N: K para estágios de crescimento fenológico do melão líquido cultivado no sistema hidropônico NFT1. **Revista Caatinga**, 33:108-115.

Němec P, Ungrová M, Alem S, Novák J, Habrová H (2020) Produção de biomassa de uma plantaçao jovem de *Moringa stenopetala* (Baker f.) Cufod. e *Moringa oleifera* Lam. no sul da Etiópia. **Revista Sul-Africana de Botânica**, 129: 463-470.

Oliveira MVM, Chiodi MS, Fernandes HJ, Lisita FO, Luz DF, Salla LE (2017) *Moringa oleifera* na alimentação de bezerros lactentes da raça Pantaneira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 18(1):152-160.

Oosterhuis DM, Loka DA, Kawakami EM, Pettigrew A (2014) fisiologia do potássio na produção agrícola. **Advances in Agronomy**, 126:203 – 233.

Padayachee B, Aijnath H (2020) Uma revisão abrangente e atualizada das

propriedades medicinais, fitoquímicas e farmacológicas de *Moringa oleifera*. **Revista Sul-Africana de Botânica**. 129:304-316.

Padilla C, Fraga N, Scull I, Tuero R, Sarduy L (2014) Efecto de la altura de corte en indicadores de la producción de forraje de *Moringa oleifera* vc. Plain. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, 48:405 - 409.

Pereira KTO, Oliveira FA, Cavalcante ALG, Dantas RP, Oliveira MKT, Costa JPBM (2016). Qualidade de mudas de *Moringa* sob diferentes níveis de nutrientes aplicados via fertirrigação. **Brazilian Journal of Forestry Research**. Colombo, 36:497-504.

Pereira LR, Marcilio GS, Mota FM, Sant'ana BT, Dardengo MCJD (2013) Qualidade de mudas do café conilon vitória produzidas em viveiros do sul capixaba. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, 9:2213.

Prado RM (2020). Nutrição de Plantas (2nd ed.). Jaboticabal: **Editora UNESP**, 2020, 416.

Qin FBT, Assinck M, Heinen O (2016) Eficiências de uso de água e nitrogênio na produção de citros: uma meta-análise **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 222:103 – 111.

Raij BV, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JA, (2001) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. IAC, Campinas, p. 285.

Raij BV, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (1997) Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo, 2 edição. revista ampliação Campinas, **Instituto Agrônomo & Fundação IAC**. 285p. (Boletim Técnico, 100).

Reetz, HF (2018). Fertilizantes e o seu uso eficiente/Harold F. Reetz, Jr; tradução: Alfredo Scheid Lopes. – São Paulo: **ANDA**, 2017. 178 p.: il; PDF.

Rosolem CA, Steiner F (2014) - Adubação potássica para o crame. **Bioscience Journal**, 30(3):140-146.

Sanjay PKN, Dwivedi S (2015) (*Moringa oleifera* lam.): Uma revisão crítica. **Revista Brasileira de Bioquímica e Bioquímica**, 21 (1):217 - 227.

Silva GF, Santos WR, Matos DB, Oliveira BM, Santana TM, Santana MM (2011) Estudo do tratamento e clarificação de água com torta de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, 13(3):295-299.

Silva YL, Gamarra-rojas G, Fernandes FEP, Farias JLS., Fernandes CS (2018) A produção animal na economia da agricultura familiar: estudo de caso no semiárido brasileiro. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 35(1):53-74.

Silva-Mann R, Ferreira RA, Vasconcelos MC (2013) Pré-embebição em sementes de moringa. *Scientia Plena*, Sergipe, 9:1 - 8.

Soares PPS, Mesquita NLS, Almeida JR, Coutrim RL, Cairo PAR, Silva LD (2020) Crescimento, qualidade de raízes e atividade da redutase do nitrato em plantas de rabanete submetidas a doses de potássio e fontes de nitrogênio. **Scientia Plena**, vol. 16, num. 6.

Sultana S (2020) Propriedades nutricionais e funcionais da *Moringa oleifera*. **Metabolism Open**. Vol. 8, 100061.

Taiz L, Zeiger E (2008) **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 819.
Taiz L, Zeiger E (2013) *Fisiologia vegetal*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2013.

Tálos-nebehaj E, Hofmann T, Albert L (2017) Mudanças sazonais no teor de antioxidantes naturais nas folhas das árvores da floresta húngara. **Industrial Crops and Products**, 98, pp. 53 – 59.

Tesemma M, L. Adane Y, Tariku D, Muleta SD (2013) Isolamento de compostos do extrato de acetona da madeira de raízes de *Moringa stenopetala* e avaliação de suas atividades antibacterianas. **Res. J. Med. Plantas**, 7:32 – 47.

Tiloke C, Anand K, Gengan R, Chuturgoon A (2018) *Moringa oleifera* e suas fitonanopartículas: Potenciais agentes antiproliferativos contra o câncer. **Biomedicine Pharmacotherapy** 108: 457-466.

Vieira H, Chaves LHG, Viégas RA (2008a) Produção de matéria seca por mudas de moringa sob omissão de macronutrientes. **Revista Ciência Agronômica**, Belém, n. 50, p. 189-195.

Vieira H, Chaves LHG, Viégas RA (2008b) Acumulação de nutrientes em mudas de moringa (*Moringa oleifera* Lam) sob omissão de macronutriente. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 130-136.

Vieira H, Chaves, LHG, Viégas RA (2007) Diagnóstico de sintomas de deficiência de macronutrientes em mudas de moringa (*Moringa oleifera*) **CERNE**, vol. 13, diciembre, 2007, pp. 47-53.

Wadt PGS (2011) Diagnose foliar e recomendação de adubação para lavouras comerciais Rio Branco, AC: **Embrapa Acre**, 2011. 69p.

Wan SZ, Gu HJ, Yang QP, Hu XF, Fang XM, Singh AN, Chen FS (2017) Long-term fertilization increases soil nutrient accumulations but decreases biological activity in navel orange orchards of subtropical China. **J. Soil Sediment**, 17: 2346-2356.

Wang N, Hua H, Eneji AE, LI Z, Duan L, Tian X (2012) Genotypic variations in photosynthetic and physiological adjustment to potassium deficiency in cotton (*Gossypium hirsutum*). **J. Photochem. Photobiology B Biology**, 110:1-8.

Wu X, Wang D, Riaz M, Zhang L, Jiang C (2019) Investigar o efeito do biochar no potencial de aumento da produtividade do algodão, eficiência do potássio e ambiente do solo. **Ecotoxicology - Environmental Safety**, 182, p. 109451.

Zamani S, Naderi MR, Soleymani A, Nasiri BM, (2020) Girassol (*Helianthus annuus* L.) propriedades bioquímicas e componentes da semente afetados pela fertilização com potássio em condições de seca. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. Vol. 190, 110017.

Zhang J, Wang J, Müller C, Cai Z (2016) Ecological and practical significances of crop species preferential N uptake matching with soil N dynamics. **Soil Biol. Biochem**, 103:63-70.