



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical**

**MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE NIM (*Azadirachta indica*)**  
**CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

**RONNKY CHAELL BRAGA DA SILVA**

**CUIABÁ – MT**

**2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical**

**MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE NIM (*Azadirachta indica*) CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

**RONNKY CHAELL BRAGA DA SILVA**  
**Engenheiro Florestal**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Walcylene L. M. P. Scaramuzza**

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

**CUIABÁ – MT**  
**2009**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586m Silva, Ronnky Chaell Braga da  
Macronutrientes em plantas de nim (*Azadirachta indica*) cultivadas em solução nutritiva / Ronnky Chaell Braga da Silva. – 2009.  
47p. : il. ; color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Pós-Graduação em Agricultura Tropical, 2009.

“Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Walcylene Lacerda Matos Pereira Scaramuzza”.

1. *Azadirachta indica*. 2. Nim – Cultura. 3. Nim – Macronutrientes. 4. Amargosa (Planta). 5. Nim – Produção de massa seca. 6. Botânica geográfica. I. Título.

CDU – 581.9

Ficha elaborada por: Rosângela Aparecida Vicente  
Söhn – CRB-1/931

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Título:** MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE NIM (*Azadirachta indica*)  
CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.

**Autor:** Ronnky Chaell Braga da Silva

**Orientadora:** Dra. Walcylene Lacerda Matos Pereira Scaramuzza

Aprovado em 29/05/2009

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Profª Dra. Walcylene L. M. P Scaramuzza**  
(UFMT/FAMEV - Orientadora)

---

**Profª Dra. Suzana P. Melo**  
(UNEMAT)

---

**Prof Dr. José Fernando Scaramuzza**  
(UFMT/FAMEV)

A minha mãe Eli Braga e meu pai Antonio Dias

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela presença constante em minha vida.

À minha mãe Eli Braga e meu pai Antonio Dias, pelo apoio e compreensão.

À Universidade Federal de Mato Grosso pela oportunidade de realização do curso.

Ao Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical pela oportunidade de realização deste trabalho.

À professora Dra. Walcylene Lacerda Matos Pereira Scaramuzza pela orientação, apoio e amizade.

Aos professores Dr. José Fernando Scaramuzza e Dra. Suzana Pereira de Melo pela participação da banca de defesa e correção deste trabalho.

Aos Professores Maria Cristina de Figueiredo e Albuquerque, Sebastião Carneiro Guimarães, Joadil Gonçalves de Abreu, José Fernando Scaramuzza, Eduardo Guimarães Couto, Ricardo Santos Silva Amorim, Sânia Lúcia Camargos e Oscarlina Lúcia dos Santos Weber pelo aprendizado nas disciplinas cursadas.

Aos meus amigos Everton, Daniel Valadão, Carol, Daniel Oliveira, Islayne, Roseli, Fabiana, Caio, Ramon e Lucas pela convivência durante o curso.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
2.1 Ním.....	11
2.2 Macronutrientes .....	13
2.2.1 Nitrogênio.....	13
2.2.2 Fósforo.....	14
2.2.3 Potássio .....	15
2.2.4 Cálcio.....	15
2.2.5 Magnésio .....	17
2.2.6 Enxofre.....	17
2.3 Nutrição mineral .....	18
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 Local do experimento e espécie vegetal .....	21
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	21
3.3 Semeadura e transplante .....	22
3.5 Concentração e acúmulo de nutrientes.....	23
3.6 Análise estatística .....	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
4.1. Sintomatologia visual das deficiências.....	25
4.1.1 Nitrogênio.....	25
4.1.2 Fósforo.....	26
4.1.3 Potássio .....	27
4.1.4 Cálcio.....	29
4.1.5 Magnésio .....	30
4.1.6 Enxofre.....	31
4.2 Produção de massa seca.....	32
4.3 Concentração de nutrientes .....	34
4.3.1 Nitrogênio.....	34
4.3.2 Fósforo.....	35
4.3.3 Potássio .....	36
4.3.4 Cálcio.....	37
4.3.5 Magnésio .....	37
4.3.6 Enxofre.....	38
4.4 Acúmulo de nutrientes.....	39
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>41</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>42</b>

MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE NIM (*Azadirachta indica*)  
CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

**RESUMO:** O plantio de espécies florestais é uma atividade que, além de introduzir novos gêneros exóticos, pode atenuar os impactos ambientais decorrentes do extrativismo. Entretanto, esse sucesso depende, entre outros fatores, do conhecimento das necessidades nutricionais da espécie a ser utilizada. Objetivou-se verificar os sintomas típicos de deficiência nutricional de macronutrientes na cultura do nim, através da observação visual das plantas e da composição mineral da parte aérea e das raízes, bem como avaliar a produção de massa seca. O experimento foi realizado em casa de vegetação na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em Cuiabá/MT, e foi instalado em blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições. Cada unidade experimental foi representada por um vaso plástico de dois litros de capacidade. Os tratamentos utilizados foram: solução nutritiva completa e com omissão dos nutrientes: -N, -P, -K, -Ca, -Mg e -S. Verificou-se que os sintomas visuais de deficiência de nutrientes foram, de maneira geral, facilmente caracterizável com exceção do tratamento com omissão de enxofre. O tratamento que mais afetou a produção de massa seca total foi o nitrogênio. O acúmulo de nutrientes pelas plantas com omissão de nutrientes obedeceu à seguinte ordem; para parte aérea: N>Ca>K>P>Mg>S, para raízes Ca>K>S>N>P>Mg.

**Palavras Chaves:** Nutrição mineral, Nim, massa seca, Solução sarruge

MACRONUTRIENTS ON PLANTS OF NEEM  
(*Azadirachta indica*) GROWN IN NUTRIENT SOLUTION

**ABSTRACT:** The planting of forest species is an activity which will introduce new exotic species can reduce the environmental impacts resulting from extraction. However, such success depends, among other factors, knowledge of nutritional needs of the specie to be used. The aim was to verify the typical symptoms of nutritional deficiency of macronutrients in the culture of neem, through visual observation of plant and mineral composition of shoots and roots, and to assess the production of dry mass. The experiment was conducted in a greenhouse at the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine (FAMEV), Federal University of Mato Grosso (UFMT) in Cuiabá / MT, and was conducted in randomized blocks with seven treatments and three replications. Each experimental unit was represented by a plastic vase of two liters of capacity. The treatments were: complete nutrient solution and with omission of nutrients: -N,-P,-K,-Ca, -Mg and -S. It was found that the visual symptoms of deficiency of nutrients were in general, easily could be characterized except for the omission of treatment with sulfur. The treatment that most affected the production of total dry mass was nitrogen. The accumulation of nutrients by plants with omission of nutrients in the following order: to shoot N> Ca> K> P> Mg> S, to roots Ca> K> S> N>P>Mg.

**Keywords:** Mineral nutrition, neem, Dry mass, Sarruge solution

## 1. INTRODUÇÃO

O nim (*Azadirachta indica*), árvore originária da Índia, pertence à família Meliaceae, a mesma do mogno, sendo mundialmente conhecida pelos mais variados segmentos sociais, envolvendo os setores agrícola, pecuário e industrial de diferentes países.

Devido a sua rusticidade e adaptação a regiões áridas, o nim disseminou-se por diversos países da África e de outras regiões tropicais e subtropicais do mundo, onde é muito cultivado. Por causa disso, a sua ampla distribuição geográfica e o conhecimento de suas múltiplas utilidades e as novas tendências do mercado favorecem significativamente as pesquisas em todo o mundo e estimulam o interesse em sua exploração.

O nim é uma alternativa viável dentro da agricultura auto-sustentável, pois pode promover a redução de agrotóxicos nas lavouras, a preservação da saúde animal e humana. Seu uso, inclusive, contribui para o aumento da renda familiar, dada a sua multiplicidade de usos que permite sua inserção em diversos setores da economia. No entanto, devido à carência de informações na literatura da espécie, pouco se conhece sobre a exigência nutricional dessa planta.

A diagnose foliar dessa espécie pode ser feita por meio da observação visual de sintomas de distúrbios nutricionais (diagnose visual) ou através de procedimentos mais sofisticados, como a análise química das folhas.

O equilíbrio nutricional envolve diretamente os nutrientes, sendo necessário identificar suas principais funções fisiológicas e distúrbios causados pela deficiência ou excesso. As deficiências e os excessos nutricionais refletem-se principalmente nas folhas, e, por isso, é a parte da planta mais indicada como amostra para determinação da concentração dos nutrientes.

Dessa forma, esta pesquisa objetivou verificar os sintomas típicos de deficiência nutricional de macronutrientes na cultura do nim, através da diagnose visual de deficiência nutricional nas plantas e a composição mineral da parte aérea e das raízes, bem como avaliar a produção de massa seca.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Nim

O nim, ou amargosa está classificada na divisão Angiospermae; classe Dicotiledônea; ordem Rutineae; família Meliaceae; subfamília Melioideae; gênero *Azadirachta*; espécie *Azadirachta indica* A. de Jussieu. É uma planta de origem asiática, natural de Burma e das regiões áridas do subcontinente indiano. Atualmente, é cultivada nos Estados Unidos, Austrália e América Central, por volta dos anos 90 tornou-se conhecido o cultivo no Brasil (Neves et al., 2003).

É uma planta muito resistente e de rápido crescimento, chegando a 15 m de altura. O sistema radicular pode atingir 15 m de profundidade. Sua madeira é avermelhada, dura e resistente. A árvore de nim normalmente começa a produzir após três a cinco anos, a produção fica estabilizada aos dez anos, chegando a produzir 50 kg de frutas por ano, com ciclo de vida de 200 anos em condições naturais (Martinez, 2002).

As folhas são verde-escuras, compostas, com freqüência aglomeradas nos extremos dos ramos simples. As flores são de coloração branca e aromática, reunida em inflorescências densas (agrupadas em panículas). As sementes podem perder o poder germinativo em 90 dias. Os frutos quando

maduros são de coloração amarelada e a polpa doce e comestível (Neves et al., 2003).

A exploração do nim pode trazer muitos benefícios em diferentes setores no Brasil, pois o País tem extensas áreas de terra não cultivadas e com condições climáticas favoráveis para a produção do nim, principalmente nas regiões Central, Nordeste, Norte e parte do Sudeste (Minas Gerais e São Paulo), onde, possui mão-de-obra familiar em pequenas e médias propriedades (Martinez, 2002).

Como benefício direto à agricultura, Martinez (2001) ressaltou a inserção do nim na exploração florestal como mais uma fonte de renda para o agricultor, de retorno relativamente rápido e com exploração múltipla, permitindo diversas fontes de obtenção de divisas, tanto na produção da madeira, quanto na de folhas e frutos. Além disso, disponibiliza madeira de boa qualidade e mais tolerante a cupins, cuja ocorrência tem sido um dos grandes problemas de pragas urbanas no Brasil.

Para o agricultor, principalmente os de pequena e média propriedades, aquelas de produção orgânica constituem opção mais ecológica para o controle de pragas e doenças, melhorando sua produção com menor prejuízo à agricultura e ao meio ambiente. A simplicidade do preparo dos extratos e seu baixo custo permitem que os mesmos sejam produzidos pelo próprio agricultor, quando necessário, reduzindo seus custos de produção e a dependência de insumos externos à propriedade (Martinez, 2002).

Na indústria, também se percebe grande potencial na exploração do nim, pois a disponibilidade de matéria prima para extratos ou óleos inseticidas, ou para a produção de cosméticos, sem dúvida, pode dar impulso significativo nesse setor. Isso, de certo modo, constitui avanço importante no tocante aos agrotóxicos, pois também, nesse setor, gera-se maior independência econômica e tecnológica do país, possibilitando reduzir as somas elevadas que têm sido enviadas ao exterior com a importação desses insumos (Meneguim e Martinez, 1998).

A todos esses aspectos favoráveis à utilização do nim, nos diversos segmentos somam-se ainda, a possibilidade de produzir alimentos de melhor qualidade e produtos veterinários naturais, contribuindo para a melhoria da saúde dos homens e dos animais (Martinez, 2002).

## 2.2 Macronutrientes

### 2.2.1 Nitrogênio

Quantitativamente depois do carbono, hidrogênio e oxigênio, o nitrogênio (N) é o macronutriente mais absorvido dos elementos essenciais às plantas. Verifica-se em análises dos tecidos de plantas que o N compreende de 20 a 50 g kg<sup>-1</sup> da massa seca das mesmas. Porém, é um dos nutrientes mais limitantes para as culturas, devido, principalmente, a sua baixa disponibilidade (Glass e Siddiqi, 1995).

Cerca de 90% do N da planta encontra-se na forma orgânica e é assim que desempenha as suas principais funções, como componente estrutural de macromoléculas e micromoléculas e constituinte de enzimas. Os aminoácidos livres dão origem a outros aminoácidos e proteínas e, por conseguinte, a enzimas e coenzimas, que são precursores de hormônios vegetais (Faquin e Andrade, 2004).

O nitrogênio absorvido pelas raízes é metabolizado nessa região ou é transportado para a parte aérea através do xilema. O modo como ocorre o transporte de N depende da forma absorvida (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e desse metabolismo. Muito do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> absorvido é, geralmente, assimilado nas raízes enquanto o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> é metabolizado nas raízes, ou transportado para a parte aérea como tal (Mengel e Kirkby, 2001).

Veloso (1993) detectou que a deficiência de N em plantas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) é a primeira a se manifestar quando comparado com outros nutrientes, com clorose nas folhas mais velhas, as plantas não se

desenvolveram ficando com caules finos. Esses mesmos sintomas foram observados por Fasabi (1996) em plantas de malva (*Urena lobata*).

### 2.2.2 Fósforo

De acordo com Loneregan e Asher (1967), as raízes das plantas são capazes de absorver fosfato de soluções com concentrações muito baixas desse ânion. Geralmente, o teor de fosfato nas células das raízes e na seiva do xilema é cerca de 100 a 1.000 vezes maior que o da solução do solo. Isto mostra que o fosfato é absorvido pelas células da planta, contra um gradiente de concentração muito grande e, portanto, a absorção é ativa. Desse modo, a absorção de fosfato é considerada como sendo feita por intermédio de H<sup>+</sup> cotransportador (Ulrich-Eberius et al., 1981).

Malavolta (2006) ressaltou que a exigência do fósforo (P), de maneira geral, é menor que a do nitrogênio, sua necessidade normalmente se iguala à do enxofre. Apesar da sua menor exigência, isto não reflete na quantidade de adubo aplicada, pois é um dos nutrientes mais utilizados em adubação no Brasil. Nas regiões tropicais e subtropicais é o elemento, cuja falta no solo, que mais freqüentemente limita a produção, principalmente em culturas anuais. Isto se deve à baixa disponibilidade na maioria dos solos devido a sua “fixação” nos óxidos de Fe e Al (Novais e Smyth, 1999). Plantas com ótimo desenvolvimento requerem cerca de 1,0 a 5,0 g kg<sup>-1</sup> de P na massa seca (Boaretto et al., 1999).

Conforme observa Avilán e Brasil Sobrinho (1976), em plantas de caju (*Anacardium occidentale*), a deficiência de P é comum, por apresentar nas folhas mais velhas coloração verde-escuro, sendo mais evidente nas margens do limbo, e que com a intensificação da deficiência pode ocorrer queda prematura das folhas. Sintomas semelhantes foram observados em malva por Fasabi (1996).

### 2.2.3 Potássio

O potássio (K) é o segundo elemento mais absorvido pelas plantas, e as quantidades mobilizadas decorrem da produção. Mielniczuk, (1978) afirmou que o suprimento de potássio às plantas, na forma iônica de  $K^+$ , varia em função da sua quantidade e de sua disponibilidade, bem como das características físicas que afetam sua difusão, através da solução do solo, até a superfície das raízes.

Na fisiologia das plantas, o K é um importante cátion, não somente do ponto de vista de seu teor nos tecidos das plantas, mas também, com respeito às suas funções fisiológicas e bioquímicas. Uma característica importante do potássio é a alta taxa com que ele é absorvido pelos tecidos das plantas. Essa rápida absorção de K é dependente da permeabilidade ao potássio (relativamente alta), às membranas das plantas, o que torna possível a facilidade de sua difusão (Mengel e Kirkby, 2001).

Conforme comentou Malavolta (2006), o K é absorvido principalmente durante o estágio de crescimento vegetativo. A utilização desse elemento para o ótimo crescimento das plantas está aproximadamente entre 20 a 50 g  $kg^{-1}$  na massa seca, variando em função da espécie e da parte da planta analisada

Sob ausência de K na solução, Marrocos (1997) observou que as folhas das plantas de macadâmia (*Macadamia integrifolia*) tinham leve clorose, seguida de enrolamento das pontas e das margens foliares e de necrose. Pereira (2001), em capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), verificou clorose nas margens das folhas, além de observar que as plantas tinham crescimento reduzido, com colmos finos e raquíticos.

### 2.2.4 Cálcio

O cálcio (Ca) é comumente encontrado nos tecidos vegetais. A maior parte do Ca nas plantas ocorre formando ligações intermoleculares nas paredes celulares e membranas, contribuindo, assim, para a estabilidade estrutural e o

movimento intercelular de vários metabólitos. Atua, ainda, como catalisador de várias enzimas (Dias e Alvarez, 1996).

Pesquisa desenvolvida por Malavolta (2006) indicaram que níveis adequados de Ca ajudam a evitar estresse na planta, decorrente da presença de metais pesados e, ou, salinidade. Isto significa afirmar que a substituição do Ca por metais pesados pode causar desequilíbrio estrutural e alterar a rigidez estrutural da parede celular, podendo interagir com magnésio e K a ponto de um excesso do nutriente promover deficiências nos últimos.

Como o Ca não se movimenta no floema, sua redistribuição entre os órgãos da planta praticamente não ocorre, podendo existir, simultaneamente, carência do elemento nas partes mais novas da planta e excesso nas partes mais velhas. Dessa forma, a deficiência de Ca mostra-se inicialmente nos tecidos mais jovens, o Ca é absorvido pelas raízes como  $\text{Ca}^{2+}$  (Malavolta, 2006).

As concentrações de Ca nos tecidos foliares também variam entre espécies, desde  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  até cerca de  $45 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca para culturas bem nutridas (Fontes, 2001). Ao contrário dos outros macronutrientes, uma alta proporção de Ca na planta encontra-se nas paredes celulares. Este fato se deve ao Ca integrar a lamela média das paredes celulares, sendo também requerido para alongação e divisão celular e isto reflete drasticamente no crescimento radicular (Malavolta, 2006).

Camargos (1999) verificou em folhas de castanheira (*Bertholletia excelsa*) que com o avanço da deficiência de Ca, os tecidos tornaram-se cloróticos e depois necrosados nas margens e ápice, tanto nas folhas novas como nas velhas; as folhas novas tiveram crescimento irregular, com limbo ligeiramente ondulado. Na espécie de maracujá (*Passiflora quadrangularis*), Avilán (1974) observou sintomas semelhantes, diferindo na caracterização da clorose, a qual apareceu entre as nervuras.

### 2.2.5 Magnésio

As concentrações nas folhas das plantas normais variam pouco entre as espécies, estando, em geral, na faixa de 1,5 a 5,0 g kg<sup>-1</sup> de Mg na massa seca (Boaretto et al., 1999).

Conforme afirmou (Malavolta (2006), mais da metade do Mg contido nas folhas pode formar clorofila, pois esta possui um átomo central de Mg. Além de sua importância na clorofila, o Mg é ativador das enzimas relacionadas com o metabolismo energético, e serve de ligação entre as estruturas de pirofosfato do ATP e ADP. Possui interações com Ca e K

Ainda para Malavolta, a deficiência de Mg afeta o metabolismo das plantas, sendo a clorose internerval das folhas velhas o sintoma inicial, seguido da redução da fotossíntese decorrente da menor síntese de clorofila. Em casos extremos de deficiência, podem ser observadas necroses nas folhas novas.

Nucci (1996), em plantas de kiwi (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa*) deficientes em Mg, observou manchas cloróticas entre as nervuras, as quais se desenvolveram e se uniram, dando a impressão de listras amareladas entre as nervuras verdes. Em capim mombaça, Pereira (2001) verificou sintomas semelhantes aos encontrados por Nucci (1996), além de redução no crescimento das plantas.

### 2.2.6 Enxofre

O enxofre (S) é absorvido pelas plantas essencialmente na forma de íons sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) presentes na solução do solo, em processo ativo e outros nutrientes (particularmente outros ânions) raramente afetam a absorção de sulfato. O movimento desses íons para a superfície radicular ocorre predominantemente por fluxo de massa. Além de sulfato sabe-se que as plantas podem absorver do solo aminoácidos contendo enxofre. Pelas folhas e frutos as plantas podem, também, absorver SO<sub>2</sub> da atmosfera (Dias e Alvarez, 1996).

Para Mengel e Kirkby, (2001), o transporte das raízes para a parte aérea ocorre pelo xilema, principalmente na forma inorgânica de  $\text{SO}_4^{2-}$ . O S absorvido como  $\text{SO}_2$ , uma vez passado para o estômato, é distribuído pela planta.

Depois de incorporado a compostos orgânicos o S se torna pouco móvel no floema, sendo os aminoácidos que o contém muito estáveis. Uma exceção a isso se dá com folhas senescentes em que o S protéico é novamente oxidado a  $\text{SO}_4^{2-}$ . Em geral, a redistribuição do S praticamente não ocorre nas plantas.

O  $\text{SO}_4^{2-}$  para ser assimilado pela planta necessita ser reduzido a sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), num mecanismo semelhante ao que ocorre com o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Seguramente duas etapas foram identificadas nesse processo: a ativação do sulfato e a redução do sulfato (Thompson et al., 1986).

Nucci (1996), em plantas de kiwi com carência de S, verificou clorose de folhas novas, perda do brilho do limbo, enquanto as folhas velhas permaneciam verde-escuras, além da queda das folhas. Sob deficiência de S em plantas de macadâmia, Marrocos (1997) observou clorose internerval das folhas novas, começando pelas pontas e margens, estendendo-se ligeiramente às folhas mais velhas.

### **2.3 Nutrição mineral**

De acordo com a redistribuição no interior das plantas, os macronutrientes podem ser classificados em: móveis ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , P, K, Mg), macronutriente intermediário (S) e pouco móvel (Ca). Essa classificação é muito útil na identificação de sintomas de deficiência de um determinado nutriente. A classificação dada acima – móvel, intermediária, pouco móvel – é mais “didática” que “fisiológica”. A redistribuição sempre ocorre, mas, em muitos casos e condições, não é suficiente para atender às exigências dos órgãos mais novos (Furlani et al., 1999).

Do ponto de vista fisiológico, a nutrição das plantas é uma área bastante complexa, dessa forma, o estado nutricional das plantas é refletido em função

do balanço que se obtém entre a absorção e o transporte dos nutrientes, através da fertilidade natural dos solos e, ou da adição de fertilizantes por causa dos gastos exigidos pela evolução vegetativa da planta e sua produção (Fráguas e Silva, 1998).

A ocorrência de desordem nutricional está freqüentemente relacionada às condições de solo e, em alguns casos, nem a aparência da cultura e as evidências disponíveis levam a uma diagnose confiável. Por esse motivo, uma análise química do tecido vegetal se faz necessária, para comparação com os valores críticos de concentração do nutriente na cultura em questão (Magalhães, 1988).

Furlani et al. (1999) relataram que as quantidades totais absorvidas tinham importância secundária, uma vez que no cultivo hidropônico procura se manter relativamente constante as concentrações dos nutrientes na fase de crescimento, diferente do que ocorre no solo, onde se fornecem as quantidades exigidas pelas plantas, estimada por meio das quantidades disponíveis existentes no próprio solo.

Existe relação bem definida entre o crescimento, a produção das culturas e a concentração dos nutrientes em seus tecidos, onde o conhecimento das concentrações permite que, por meio de sua análise, se avalie o estado nutricional das culturas para direcionar programas de adubação (Pereira, 2001).

A diagnose foliar pode ser feita mediante a observação visual de sintomas de distúrbios nutricionais (diagnose visual) ou através de procedimentos mais sofisticados, como a análise química das folhas (Bataglia e Santos, 2001). Comparando-se os valores dos elementos na amostra com um padrão (plantas normais), é possível diagnosticar desequilíbrios nutricionais nas plantas (Miyazawa et al., 1999). A técnica do elemento faltante é um sistema biológico de avaliação, realizada geralmente em casa-de-vegetação, em que se comparam plantas que recebem tratamento “completo” com outras da mesma espécie e idade que foram submetidas a tratamentos onde houve omissão de cada nutriente (Fasabi, 1996).

Os efeitos de concentração e diluição de nutrientes minerais precisam ser cuidadosamente considerados em interpretações de concentração, em condições de antagonismo e sinergismo durante a absorção, principalmente quando as concentrações dos nutrientes estão em níveis deficientes ou tóxicos (Haag et al., 1991).

O processo de diagnose nutricional inclui considerações de todas as evidências disponíveis, incluindo-se a possibilidade de outra causa no sintoma em questão. De acordo com Haag et al., (1991), a diagnose baseada em sintomas visíveis requer acompanhamento sistemático, pois os sintomas de deficiência tornam-se claramente visíveis, quando a mesma é aguda e os níveis de desenvolvimento e de produção estão severamente afetados. Assim sendo, a checagem através de análise química e a prática de conhecimento da cultura fazem-se necessários para a distinção entre sintomas foliares de deficiência de nutrientes, daqueles causados por pragas e moléstias

Por essa razão, três princípios de diagnose de deficiências devem ser considerados: o sintoma deve apresentar-se de forma simétrica na planta; em um gradiente direcionado de desenvolvimento e ser generalizado na cultura e não apenas em plantas isoladas (Magalhães, 1988).

Bataglia e Santos (2001) relataram que a diagnose visual tem grande desvantagem em relação à análise química de plantas porque os sintomas, tanto de deficiência como de excesso, são visíveis apenas em faixas de concentração, onde há redução da produtividade, o mesmo não ocorrendo através da “fome oculta”, em que os níveis de nutrientes são críticos, mas não se expressam efeitos passíveis de se detectar através da diagnose visual.

O equilíbrio nutricional envolve diretamente os nutrientes, sendo necessário identificar suas principais funções fisiológicas e distúrbios causados pela deficiência ou excesso (Fráguas e Silva, 1998).

As deficiências e os excessos nutricionais refletem-se principalmente nas folhas que por isso, é a parte da planta mais indicada como amostra para determinação da concentração dos nutrientes ( Paula et al., (1998).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento e espécie vegetal**

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em Cuiabá/MT.

A espécie em estudo (Nim) é uma árvore frondosa da família Meliaceae, classificada como espécie, *Azadirachta indica* A. de Jussieu.

#### **3.2 Delineamento experimental e tratamentos**

O experimento foi instalado em blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições, num total de 21 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi representada por um vaso plástico com capacidade de dois litros, onde foram conduzidas duas plantas por vaso.

Os tratamentos utilizados foram os seguintes: solução nutritiva completa (Compl.) e com omissão dos nutrientes: nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg), enxofre (-S) (Tabela 1). As soluções foram preparadas com reagentes puros (P.A) e a solução nutritiva completa (Sarruge,

1975), teve a seguinte composição característica: N - 210 mg/L; P - 31 mg/L; K - 234 mg/L; Ca - 200 mg/L; Mg - 48 mg/L; S - 64 mg/L.

### 3.3 Semeadura e transplante

As sementes de nim foram colocadas para germinar em recipientes contendo areia lavada e irrigadas diariamente com água destilada. Aos 21 dias as plântulas foram transplantadas, em número de cinco por vaso, cada vaso plástico com dois litros de capacidade, contendo solução nutritiva completa conforme Sarruge (1975), na proporção  $\frac{1}{4}$  de força iônica (proporção de 25% da solução completa), em sistema de aeração artificial contínuo, por um período de sete dias. Decorrido este período, a solução foi descartada, substituída por outra de  $\frac{1}{2}$  força iônica por mais sete dias.

**TABELA 1.** Composição química das soluções nutritivas estoques, em molar (M), e dos tratamentos, em mL/L, utilizadas nesse estudo, SARRUGE (1975)

Solução Estoque	Conc. (M)	Tratamentos (mL/L)											
		Compl.	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B	-Cu	-Fe	-Mn	-Zn
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
KNO <sub>3</sub>	1	5	-	5	-	5	3	3	5	5	5	5	5
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	1	5	-	5	5	-	4	4	5	5	5	5	5
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1	2	2	2	2	2	-	-	2	2	2	2	2
KCl	1	-	5	1	-	-	2	2	-	-	-	-	-
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	1	-	5	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1	-	-	-	2	5	-	-	-	-	-	-	-
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Micronutrientes <sup>1</sup> - Fe	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-
Micronutrientes <sup>1</sup> - B	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Micronutrientes <sup>1</sup> - Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Micronutrientes <sup>1</sup> - Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Micronutrientes <sup>1</sup> - Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Fe - EDTA <sup>2</sup>	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1

<sup>1</sup> Solução estoque de micronutrientes (g/L): H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> - 2,86; MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O - 1,81; ZnCl<sub>2</sub> - 0,10; CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O - 0,04; H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O - 0,02.

<sup>2</sup> Dissolver 26,1g de EDTA dissódico em 286 mL de NaOH 1,0 M, misturar com 24,9g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O e arejar por uma noite e completar o volume para 1.000 mL.

### 3.4 Condução do experimento

Após a adaptação das plantas à solução, iniciaram-se os tratamentos com omissão de nutrientes, onde se utilizou soluções estoque para compor as soluções dos tratamentos (Tabela 1).

Durante a realização do experimento a solução nutritiva foi mantida a pH  $5,9 \pm 0,1$  e, quando necessário, foram realizadas às correções com HCl 1,0 M ou NaOH 1,0 M. A renovação das soluções ocorreu a cada sete dias e o seu arejamento foi contínuo através de sistema de compressão de ar. O período de adaptação foi de 28 dias, sendo 14 dias com 25% da concentração da solução completa e 14 dias com 50%. O volume das soluções nos vasos foi avaliado diariamente e, quando necessário, completado com água deionizada, com posterior controle do pH.

A sintomatologia das omissões de nutrientes foi descrita e acompanhada até a completa definição dos sintomas e, após esse período, as plantas foram recolhidas para análise. O material coletado foi separado em duas partes: parte aérea e raízes, sendo lavado em água corrente e, posteriormente, enxaguado em água destilada e deionizada para remoção do excesso de solução nutritiva. Após a lavagem, o material foi acondicionado em sacos de papel identificados e colocado para secagem em estufa com circulação forçada de ar ( $70 - 75^{\circ}\text{C}$ ) até peso constante.

Após a secagem, o material vegetal foi pesado, obtendo-se assim, a massa seca para cada parte da planta, esse material seco foi moído em moinho tipo “Willey”, com peneira de 20 mesh para posterior análise química.

### 3.5 Concentração e acúmulo de nutrientes

As determinações de P, K, S, nas raízes e parte aérea foram realizadas segundo os ensinamentos de Malavolta (2006) e N, Ca, Mg de Miyazawa et al. (1999).

O N foi mineralizado via digestão sulfúrica e para os demais elementos foi utilizada a digestão nítrico-perclórica. As determinações do N foram feitas através do semi-micro Kjeldahl; o P pela colorimetria; o K pela fotometria de emissão de chama; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; o S por turbidimetria.

O acúmulo de nutrientes na planta de nim foi obtido multiplicando-se os teores de nutriente da parte aérea e raízes pela produção de massa seca da parte aérea e raízes respectivamente.

### **3.6 Análise estatística**

Os dados coletados foram submetidos a teste de normalidade e homogeneidade de variância, sendo que a média dos tratamentos foi comparada pelo teste Tukey a 5%. Para execução da análise estatística foi utilizado o aplicativo computacional SAEG 8.0.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Sintomatologia visual das deficiências**

#### **4.1.1 Nitrogênio**

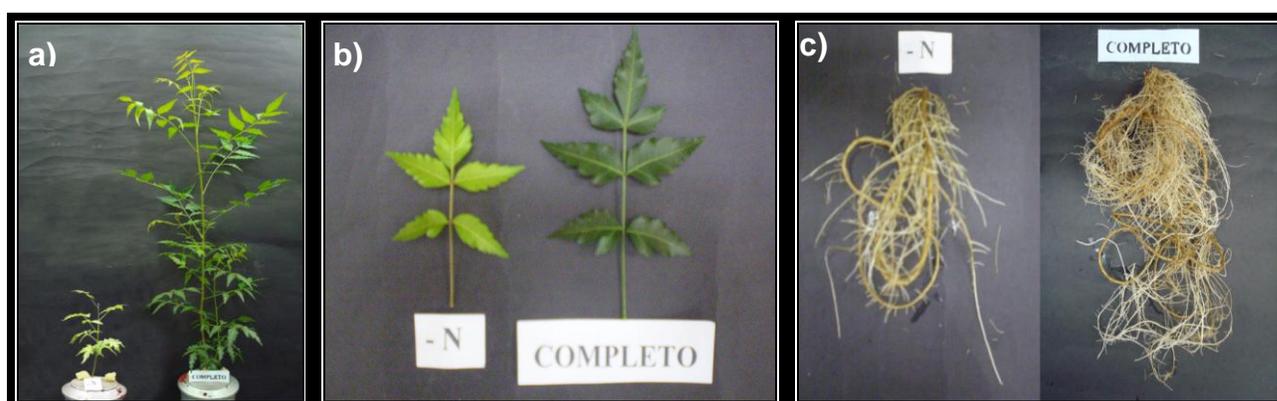
Os sintomas de deficiência de N foram os primeiros a aparecerem, aos 36 dias, após o início dos tratamentos, onde se observou diminuição do crescimento (Figura 1a) e clorose generalizada das plantas (Figura 1b). Com a evolução da deficiência, a clorose generalizada atingiu também as folhas velhas. As raízes não se desenvolveram, ficando com poucas raízes secundárias (Figura 1c).

Segundo Raij (1991), essa redução no crescimento deve-se ao fato do N participar da reação de síntese protéica. A inibição dessa síntese reduz o processo de divisão celular afetando o crescimento da planta. Com a carência de N ocorre diminuição na concentração de clorofila, o que resulta no característico sintoma de clorose generalizada (Malavolta, 2006).

O N é o nutriente que mais interfere na produção de massa verde, de forma que sua deficiência afeta sensivelmente o crescimento da planta. Isso se deve a um somatório de fatores fisiológicos, que interagem com o nutriente e

contribuem para que a planta sintetize menos açúcares, aminoácidos e ácidos nucléicos, resultando em menor massa total de planta (Maia, 1998).

Resultados similares foram encontrados por Wallau et al. (2008) em mogno e por Barroso et al. (2005) na cultura de teca (*Tectona grandis*). Maffei et al. (2000), também, verificaram sintomas semelhantes no tratamento com omissão de N em eucalipto, porém, neste caso, ocorreu um rápido processo para a senescência das folhas.



**FIGURA 1.** Planta de nim com tratamento de omissão de nitrogênio comparada a uma cultivada em solução nutritiva completa: a) parte aérea; b) folha e c) raízes.

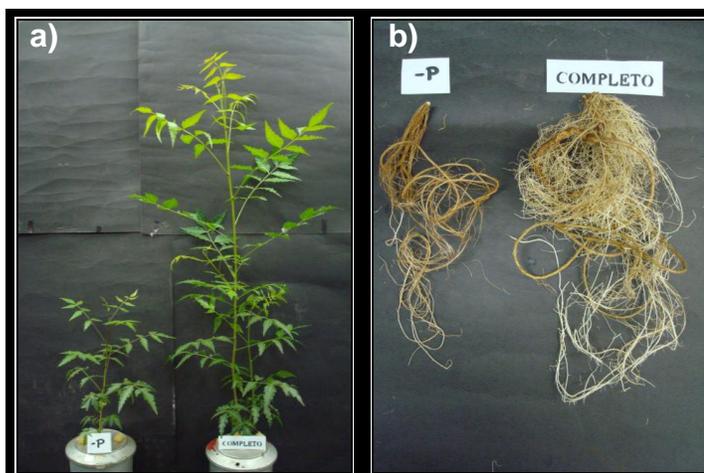
#### 4.1.2 Fósforo

Não foi visualizada nenhuma anormalidade nas folhas com omissão de P. Do mesmo modo, Maffei et al. (2000), em solução nutritiva de Sarruge, não observaram sintomas de deficiência durante seis meses após a omissão deste nutriente em eucalipto.

No entanto, aos 38 dias, após o início do tratamento, foi constatada redução no desenvolvimento vegetativo (Figura 2a), e no sistema radicular das plantas deficientes em P teve coloração mais escura e menor quantidade de

radicelas (Figura 2b). Resultados semelhantes foram observados por Utumi et al. (1999) no sistema radicular de estévia.

Marschner (1995) descreveu vários sintomas de deficiências causados pela omissão de P, dentre eles: crescimento retardado, freqüentemente com coloração avermelhada devido ao aumento da formação de antocianinas; plantas com coloração verde mais escura quando comparadas com plantas normais; redução generalizada de muitos processos metabólicos, incluindo-se divisão e expansão celular, respiração e fotossíntese. De maneira geral, os sintomas de deficiência de P não são marcantes como os de N, K, Ca e Mg (Raij, 1991).



**FIGURA 2.** Planta de nim com tratamento de omissão de fósforo comparada a uma cultivada em solução nutritiva completa: a) parte aérea e b) raízes.

#### 4.1.3 Potássio

Sintomas característicos de deficiência de K não foram observados neste experimento, verificou-se apenas diminuição do crescimento, provavelmente

devido ao período de adaptação das plantas com solução completa, pode ter fornecido quantidade suficiente de K de modo a retardar o aparecimento dos sintomas de deficiências (Figura 3a). Porém, verificou-se leve aumento na quantidade de radículas (Figura 3b).

Do mesmo modo, Maffeis et al. (2000), no estudo da cultura de eucalipto, não detectaram sintomas de deficiência após a omissão de P, Ca, Mg e S, e atribuíram esse fato devido às plantas terem ficado três meses no período de adaptação recebendo solução completa, o que provavelmente forneceu quantidade suficiente do nutriente até onze meses de idade, tempo que durou o experimento.

No entanto, os resultados desse trabalho diferem dos encontrados por Barroso et al. (2005), na cultura da teca, onde estes autores verificaram encarquilhamento nas extremidades das folhas mais velhas, clorose interneval, pontos necrosados e redução da emissão de raízes novas.



**FIGURA 3.** Planta de nim com tratamento de omissão de potássio comparada a uma cultivada em solução nutritiva completa: a) parte aérea e b) raízes.

#### 4.1.4 Cálcio

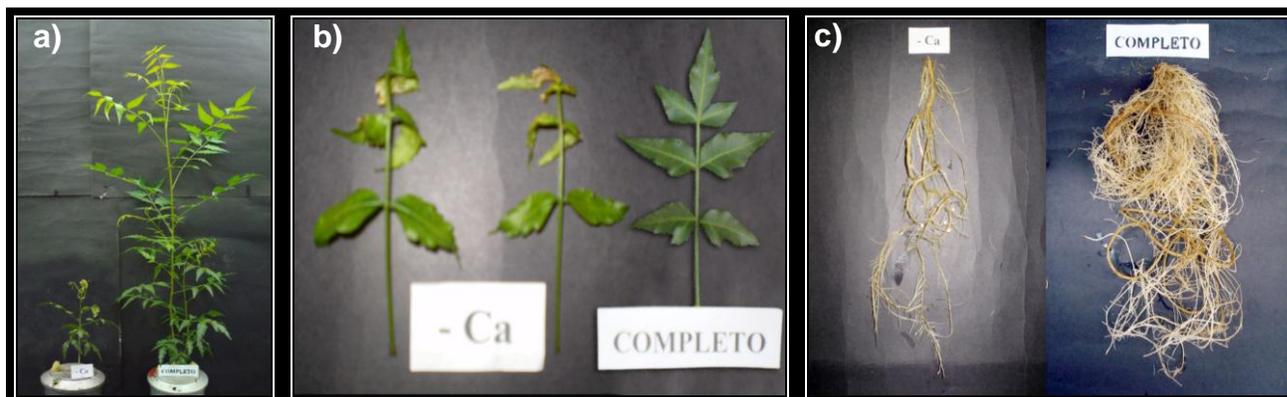
Os sintomas visuais de deficiência de Ca apareceram aos 36 dias, após a aplicação dos tratamentos, quando o desenvolvimento vegetativo diminuiu em comparação com o tratamento completo (Figura 4a).

De acordo com Marschner (1995) e Malavolta (2006), a redução de altura no tratamento com omissão de Ca, deve-se a ação do mesmo no crescimento meristemático das plantas.

Nesta pesquisa observou-se, inicialmente, clorose ao longo da margem dos folíolos das folhas novas, progredindo para necrose, com bordas dos folíolos enroladas para baixo, formando um gancho na ponta das folhas e, no restante da folhagem verificou-se uma coloração verde-pálida (Figura 4b). Houve colapso do folíolo com posterior queda das folhas, além da redução do crescimento, morte da gema apical e paralisação de emissão de raízes novas, sendo que as raízes não se desenvolveram adequadamente (Figura 4c).

A insolubilidade dos compostos de Ca na planta e sua localização na célula explicam, em parte, a falta de redistribuição em condições de deficiência, o que provoca o aparecimento de sintomas de carência em órgãos ou partes mais novas, como as gemas (Malavolta, 2006).

Os resultados encontrados nesta pesquisa, assemelham-se com os observados por Wallau et al. (2008) em plantas de mogno, por Barroso et al. (2005) na cultura da teca, por Batista et al. (2003) em gravioleira (*Annona muricata*) e por Camargos (1999) em mudas de castanheira do Brasil (*Bertholletia excelsa*).



**FIGURA 4.** Planta de nim com tratamento de omissão de cálcio comparada a uma cultivada em solução nutritiva completa: a) parte aérea b) folhas e c) raízes.

#### 4.1.5 Magnésio

Os primeiros sintomas de deficiência de Mg foram verificados aos 45 dias, após o início dos tratamentos, onde se observou, clorose internerval em direção à borda nas folhas mais velhas (Figura 5b). Esta sintomatologia, com o decorrer do tempo, foi observada nas folhas intermediárias, sendo que as mais velhas tornaram-se amareladas. A clorose das folhas está associada à menor produção de clorofila. Sintomas semelhantes foram detectados por Gonçalves et al. (2006) em mudas de pupunheira, no tratamento com omissão de Mg.

Verificou-se que o crescimento vegetativo das plantas com omissão de Mg foi diminuído (Figura 5a). Não houve desenvolvimento normal das raízes, observou-se que as raízes secundárias eram poucas e a raiz principal não cresceu (Figura 5c).

De acordo com Mengel e Kirkby (2001), os sintomas de deficiência de Mg ocorrem inicialmente nas folhas mais velhas, com amarelecimento internerval ou clorose e, em casos extremos, as mesmas tornam-se necróticas, diminuindo assim a concentração de clorofila.



**FIGURA 5.** Planta de nim com tratamento de omissão de magnésio comparada a uma cultivada em solução nutritiva completa: a) parte aérea; b) folha e c) raízes.

#### 4.1.6 Enxofre

Sintomas característicos de deficiência de S não foram observados durante o período experimental, assim como no tratamento com omissão de K, pois verificou-se, somente, aumento na quantidade de radículas (Figura 6b), porém não se observou diminuição no crescimento das plantas.

Esse resultado pode ter ocorrido devido à planta de nim não ser exigente em S, pois o período de adaptação das plantas em solução completa foi de 28 dias, onde as plantas podem ter absorvido quantidade suficiente de S às plantas durante essa fase.

Maffei et al. (2000), pesquisando a cultura de eucalipto, não detectaram sintomas na omissão de S e também atribuíram isso ao fato de as plantas ficarem três meses no período de adaptação, recebendo solução completa, fornecendo quantidade suficiente do nutriente até os onze meses de idade, tempo que durou o experimento.

Entretanto, esse fato difere do encontrado por Barroso et al. (2005) na cultura da teca, pois verificaram leve redução no crescimento, clorose generalizada e folhas novas com crescimento suprimido, endurecimento e leve

encarquilhamento. Segundo Wallau et al. (2008), em plantas de mogno houve clorose pouco acentuada e generalizada nas folhas novas, no entanto, não verificaram diminuição no crescimento.

Segundo Malavolta (2006) os sintomas de deficiência de S são muito semelhantes aos de N. Entretanto, como o S é pouco móvel na planta, os sintomas de deficiência ocorrem inicialmente nas folhas mais novas, ao contrário do N, plantas com deficiência de S podem ter folhas pequenas, enrolamento das margens da folha, necrose e desfolhamento.



**FIGURA 6.** Planta de nim com tratamento de omissão de enxofre comparada a uma cultivada em solução nutritiva completa: a) parte aérea e b) raízes.

#### 4.2 Produção de massa seca

Como indicadores do desenvolvimento, utilizou-se os dados de produção de massa seca da parte aérea, das raízes e total, em função dos tratamentos, cujos dados encontram-se na Tabela 2. A produção de massa

seca total seguiu a seguinte ordem: S>Mg>P>K>Ca>N, resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves et al. (2006).

**TABELA 2.** Produções médias de massa seca da parte aérea, das raízes e da massa seca total (MST) de plantas de nim nos diferentes tratamentos

Tratamento	Parte aérea	Raízes	MST
	g kg <sup>-1</sup>		
Completo	21,96 a	16,48 abc	38,44 a
Omissão de N	11,09 b	12,25 c	23,34 b
Omissão de P	16,83 ab	17,03 abc	33,86 ab
Omissão de K	17,64 ab	14,05 abc	31,69 ab
Omissão de Ca	16,56 ab	12,62 bc	29,18 ab
Omissão de Mg	19,66 a	15,31 abc	34,97 ab
Omissão de S	20,00 a	18,23 ab	38,23 a
C.V. (%)	15,21	14,72	13,83

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Os resultados de massa seca total foram iguais nos tratamentos completo e na omissão de S, diferindo estatisticamente do tratamento com omissão de N. Assim, o N foi o nutriente que mais afetou a produção de massa seca total, não diferindo dos tratamentos -P, -K, -Ca, e -Mg.

Quanto à produção de massa seca da parte aérea, a omissão de N diferiu dos demais tratamentos. Esses resultados corroboram com Batista et al. (2003) que observaram na cultura da graviola, quando omitiu-se os macronutrientes, a maior produção de massa seca de folhas no tratamento com omissão de S.

Entretanto, para raízes, a produção de massa seca total foi diferente entre o tratamento com omissão de N e S. Na raiz, a menor produção de massa seca foi registrada no tratamento com omissão de N (12,25 g kg<sup>-1</sup>), não diferindo do tratamento completo, -P, -K, -Ca, -Mg.

A menor produção de massa seca na parte aérea foi observada no tratamento com omissão de N (11,09 g kg<sup>-1</sup>), quando comparado com o tratamento completo (21,96 g kg<sup>-1</sup>), que apresentou a maior produção.

### 4.3 Concentração de nutrientes

#### 4.3.1 Nitrogênio

Verifica-se que a omissão de N ocasionou redução na concentração desse nutriente em todas as partes da planta, quando comparado com tratamento completo (Tabela 4).

As maiores concentrações de N na parte aérea foram observadas nos tratamentos completo e com omissão de P, K, Ca e S, estes apresentam diferenças significativas entre o tratamento com omissão de N. Já para raízes o tratamento completo não diferiu da omissão de P, K, Ca, Mg e S, esses diferiram do tratamento onde se omitiu N. Esses dados corroboram com Viégas et al. (2002) quando estudaram plantas de graviolas em solução nutritiva.

**TABELA 4.** Concentrações médias de nitrogênio (g kg<sup>-1</sup>) na parte aérea e raízes de nim em função dos tratamentos

Tratamento	Parte aérea	Raízes
	g kg <sup>-1</sup>	
Completo	7,54 a	6,14 abc
Omissão de N	3,64 c	3,01 e
Omissão de P	7,39 a	4,73 cde
Omissão de K	6,35 ab	6,19 abc
Omissão de Ca	7,44 a	7,91 a
Omissão de Mg	6,92 ab	6,45 abc
Omissão de S	7,18 a	5,98 abc
C.V. (%)	13,74	7,46

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

No tratamento completo, a maior concentração de N encontra-se na parte aérea, indicando a alta mobilidade do elemento para as folhas principalmente (Marschner, 1995).

#### 4.3.2 Fósforo

A menor concentração de P nas plantas foi observada quando houve omissão desse nutriente na solução nutritiva, comparando-se com os demais tratamentos, mas não diferiu do tratamento com omissão de N, tanto para parte aérea quanto para as raízes (Tabela 5).

A maior concentração de P na parte aérea foi observada no tratamento com omissão de Mg, sendo estatisticamente igual ao tratamento com omissão de K, Ca, S e tratamento completo, já para raiz a omissão de enxofre teve a maior concentração, quando comparado com o tratamento com omissão de P e N.

**TABELA 5:** Concentrações médias de fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na parte aérea e raízes de nim em função dos tratamentos

Tratamento	Parte aérea		Raízes
	$\text{g kg}^{-1}$		
Completo	3,03 ab		10,90 ab
Omissão de N	2,46 bc		3,96 de
Omissão de P	1,26 c		1,13 e
Omissão de K	3,20 ab		10,10 abc
Omissão de Ca	3,33 ab		8,20 abcd
Omissão de Mg	4,10 a		9,10 abcd
Omissão de S	3,00 ab		11,43 a
C.V. (%)	22,51		22,64

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Para raízes o tratamento com omissão de P diferiu do tratamento completo e com omissão de K, Ca, Mg e S, sendo que o tratamento com omissão de S apresentou o maior valor.

### 4.3.3 Potássio

As concentrações médias de K diminuíram na parte aérea e raízes do nim em função do tratamento com omissão desse nutriente (Tabela 6), diferindo dos demais tratamentos.

**TABELA 6.** Concentrações médias de potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na parte aérea e raízes de nim em função dos tratamentos

Tratamento	Parte aérea		Raízes	
	$\text{g kg}^{-1}$			
Completo	32,00	ab	43,16	a
Omissão de N	20,16	d	21,83	b
Omissão de P	31,16	ab	37,33	a
Omissão de K	5,50	e	5,83	c
Omissão de Ca	31,83	ab	34,00	ab
Omissão de Mg	33,00	ab	34,13	ab
Omissão de S	27,00	bcd	36,66	a
C.V. (%)	8,25		8,37	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Maiores concentrações de K nos tratamentos com omissão de Mg eram esperados, devido à competição na absorção entre íons  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{+2}$ , considerando a solução nutritiva -K, a planta absorveu mais Mg, no entanto, isso não foi significativo quando comparado ao P, Ca e S.

A concentração de K na parte aérea observada das plantas de nim sob tratamento completo foi de  $32,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Este teor é considerado adequado pela CFSEMG (1999). No entanto, Malavolta (2006) considera esse valor acima do adequado para essências florestais.

#### 4.3.4 Cálcio

Verifica-se que a omissão de Ca nas raízes não apresentou diferença estatística devido ao coeficiente de variação elevado 36,80%, contrastando com 8,84% da parte aérea. O tratamento com omissão de S foi o que apresentou maior concentração desse elemento na parte aérea, não diferindo dos tratamentos com omissão de P, K e Mg, já a omissão de Ca teve a menor concentração, diferindo-se de todos os tratamentos.

**TABELA 7.** Concentrações médias de cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na parte aérea e raízes de nim em função dos tratamentos

Tratamento	Parte aérea	Raízes
	$\text{g kg}^{-1}$	
Completo	15,13 bc	39,60 a
Omissão de N	15,90 bc	7,90 a
Omissão de P	20,16 abc	31,76 a
Omissão de K	22,23 ab	42,26 a
Omissão de Ca	6,00 d	16,13 a
Omissão de Mg	21,26 abc	35,73 a
Omissão de S	25,63 a	40,86 a
C.V. (%)	8,84	36,80

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

#### 4.3.5 Magnésio

Verificou-se que o tratamento com omissão de Mg reduziu a concentração desse elemento nas partes da planta de nim (Tabela 8), porém não diferiu do tratamento com omissão de N. Resultados semelhantes foram encontrados por Camargos (1999) em castanheira. Além do fato que as omissões na parte aérea não diferiram entre si para omissão de N.

**TABELA 8.** Concentrações médias de magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na parte aérea e raízes de nim em função dos tratamentos

Tratamento	Parte aérea	Raízes
	$\text{g kg}^{-1}$	
Completo	4,50 ab	8,63 ab
Omissão de N	3,13 bc	2,00 c
Omissão de P	4,63 ab	6,90 ab
Omissão de K	5,50 ab	9,90 a
Omissão de Ca	4,00 ab	7,36 ab
Omissão de Mg	1,00 c	1,03 c
Omissão de S	4,13 ab	7,63 ab
C.V. (%)	11,47	15,27

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

A ausência de K fez aumentar a concentração de Mg nas folhas e raízes, que segundo Epstein (2006), é uma evidência da inibição competitiva do K, na absorção do Mg. Este antagonismo é bastante conhecido, ocorrendo principalmente no processo de absorção catiônica (Malavolta, 2006). No entanto, na raiz a omissão de K proporcionou maior concentração de Mg.

A concentração de Mg encontrado na parte aérea das plantas do tratamento completo de  $4,5 \text{ g kg}^{-1}$ , é definido como adequado por Malavolta (2006). Entretanto, a CFSEMG (1999) considera esse valor acima do adequado.

#### 4.3.6 Enxofre

Verificou-se que nos tratamentos em que se omitiu S, as concentrações desse elemento não apresentaram diferença na parte aérea, já para raízes observou-se diferenças significativas nos tratamentos com omissão de S comparando com o tratamento completo e as omissões de P e K, (Tabela 9). O que demonstra, mais uma vez, que a falta de um determinado elemento na nutrição da planta afeta a concentração do mesmo.

**TABELA 9.** Concentrações médias de enxofre ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na parte aérea e raízes de nim em função dos tratamentos

Tratamento	Parte aérea	Raízes
	$\text{g kg}^{-1}$	
Completo	3,46 a	17,03 a
Omissão de N	3,16 a	5,80 ab
Omissão de P	4,80 a	16,73 a
Omissão de K	3,70 a	19,63 a
Omissão de Ca	4,23 a	10,63 ab
Omissão de Mg	3,73 a	15,23 ab
Omissão de S	2,60 a	2,36 b
C.V. (%)	20,52	28,76

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

As concentrações médias nos tratamentos para parte aérea não diferiram entre si estatisticamente, porém nas raízes apenas o tratamento completo, omissão de P e K apresentaram diferenças estatísticas do tratamento com omissão de S que foi inferior, os mesmos efeitos foram verificados por Camargos (1999) e Viégas et al. (2002).

A média de S obtida no presente trabalho, para a concentração da parte aérea no tratamento completo foi de  $3,46 \text{ g kg}^{-1}$  de S, concentração essa considerada adequada por CFSEMG (1999) e elevada por Malavolta (2006).

#### 4.4 Acúmulo de nutrientes

Todos os tratamentos nos quais se omitiu um nutriente, a concentração e o acúmulo deste nutriente nos diferentes compartimentos da planta foram, geralmente, menores quando comparado com os do tratamento completo (Tabela 3).

Os teores de nutrientes nas plantas obedeceram à seguinte ordem:  $\text{K} > \text{Ca} > \text{S} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P}$ , para parte aérea dos tratamentos com omissão de

nutrientes; a ordem para raízes dos tratamentos com omissão de nutrientes: Ca>K>S>N>P>Mg, já a ordem para parte aérea do tratamento completo: K>Ca>N>Mg>S>P e a ordem para raízes do tratamento completo: K>Ca>S>P>Mg>N. Estes resultados concordam parcialmente com aqueles encontrados por Fasabi (1996), Camargos (1999) e Santi (2004).

**TABELA 10** Acúmulo de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na parte aérea e raízes de nim em função dos tratamentos

Tratamento	Partes da planta	
	Parte aérea	Raízes
	$\text{g kg}^{-1}$	
Completo	178,51 a	112,89 a
Omissão de N	35,49 b	33,98 b
Completo	57,15 a	166,24 a
Omissão de P	21,33 b	19,37 b
Completo	708,66 a	767,98 a
Omissão de K	93,28 b	85,68 b
Completo	342,90 a	757,13 a
Omissão de Ca	86,22 b	88,13 b
Completo	102,87 a	155,40 a
Omissão de Mg	22,81 b	12,23 b
Completo	80,01 a	283,70 a
Omissão de S	43,53 b	45,30 b

Médias seguidas de letras minúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Observando os tratamentos de Mg e P, percebe-se que a baixa concentração desses elementos encontrados nas plantas afetou o acúmulo nos tratamentos.

## 5. CONCLUSÕES

1. Os sintomas visuais de deficiências de macronutrientes foram, de maneira geral, facilmente caracterizável, exceto para omissão de enxofre e potássio.
2. A omissão de macronutrientes reduziu o crescimento das plantas de nim, exceto a omissão de S.
3. O acúmulo de nutrientes pelas plantas na parte aérea do tratamento com omissão de nutrientes obedeceu à seguinte ordem:  $K > Ca > S > N > Mg > P$ .
4. O acúmulo de nutrientes pelas plantas nas raízes dos tratamentos com omissão de nutrientes obedeceu à seguinte ordem:  $Ca > K > S > N > P > Mg$ .
5. O acúmulo de nutrientes pelas plantas na parte aérea do tratamento completo obedeceu à seguinte ordem:  $K > Ca > N > Mg > S > P$ .
6. O acúmulo de nutrientes pelas plantas nas raízes do tratamento completo obedeceu à seguinte ordem:  $K > Ca > S > P > Mg > N$ .

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILÁN, L. R. Efectos de la deficiencia de macronutrientes sobre el crecimiento y la composición química de la parcha granadina (*Passiflora quadrangularis* L.) cultivada em soluciones nutritivas. **Agronomia Tropical**, CENIAP/ Maracay, v.24, n.2, p.133-140, 1974.

AVILÁN, L. R.; BRASIL Sob. Estúdio de las deficiências de los macronutrientes sobre el crecimiento y la composición mineral del merey (*Anacardium occidentale* L.) cultivado en soluciones nutritivas. **Agronomia Tropical**, CENIAP/ Maracay, v.26, n.2, p.143-154, 1976.

BARROSO, D. G.; FIGUEREDO, F. A. M. M.; PEREIRA, R. C.; MENDONÇA, A. V. R.; SILVA, L. C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teça. **Revista Árvore**, Viçosa, n.5, v.29, p.671-679, 2005.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. dos. **Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento**, Piracicaba: POTAFOS, p. 3-8, 2001. (Encarte de informações agrônômicas N° 96).

BATISTA, M. M. F.; VIÉGAS, I. J. M.; FRAZÃO, D. A. C. F.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, R. C. L. da. Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral em gravioleiras (*Annona muricata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.315-318, 2003.

BOARETTO, A. E.; CHITOLINA, J. C.; RAIJ, B. V.; SILVA, F. C. da; TEDESCO, M. J.; CARMO, C. A. F. de S. do. **Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química**. In: SILVA, J. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, p.49-73, 1999.

CAMARGOS, S. L. **Diagnose de deficiência, concentração e acúmulo de nutrientes em castanheira-do-brasil.** 1999. 90f. Tese (Doutorado em Ciências) – CENA/USP, Piracicaba, 1999.

CARVALHO, S. M. **A pesquisa com espécies de Meliaceae e Tephrosia (Leguminosae) no controle de pragas no IAPAR.** In: I Workshop Sobre Produtos Naturais no Controle de Pragas, Doenças e Plantas Daninhas. Jaguariúna, SP, 1990. p.55.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação.** Viçosa, MG. 1999. 359p.

DIAS, L. E.; ÁLVAREZ, V. H. **Introdução à Fertilidade do Solo.** In: CURSO DE FERTILIDADE E MANEJO DO SOLO. Brasília: ABEAS, 1996. Mód.2. 38p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas – princípios e perspectivas.** Londrina: Planta, 2006. 403p.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88p.

FASABI, J. A. V. **Carências de macro e micronutrientes em plantas de malva (*Urena lobata*), variedade BR-01.** 1996. 90f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – FCAP, Belém, 1996.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas.** Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

FRÁGUAS, J. C.; SILVA, D. J. **Nutrição e adubação da videira em regiões tropicais.** Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.19, n.197, p.70-75, 1998.

FURLANI, P. R.; BOLONHESI, D.; SILVEIRA, L. C. P.; FAQUIN, V. **Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas.** Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.20, n.200-201, p.90-98, 1999.

GLASS, A. D. M.; SIDDIQI, M. Y. **Nitrogen Absorption by plant roots.** In: SRIVASTAVA, H. S.; SINGH, R.P. ed. **Nitrogen nutrition in higher plants.** Associated publishing Co., New Dealhi, Índia, p.21-56. 1995.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.41, n.6, 2006.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. DE C.; MONTEIRO, F. A. **Princípios de nutrição mineral – aspectos gerais**. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. da. (Eds). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, p.51-74, 1991.

LONEREGAN, J. F.; ASHER, C. J. **Response of plants to phosphate concentration in solution culture**. In: **Rate of phosphate absorption and its relation to growth**. Soil Science. 103: 311-8, 1967.

MAIA, N. B. **Efeito da nutrição mineral na qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva**. In: MING, L. C.; SCHEFFER, M. C.; CORRÊA JÚNIOR, C.; BARROS, I. B. I. de.; MATTOS, J. K. de A. **Plantas medicinais aromáticas e condimentares avanços na pesquisa agrônômica**. UNESP/Botucatu, v.2, p.81-95, 1998.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.57, p.87-98, 2000.

MAGALHÃES, J. R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1988. 64p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres, 2006. 631p.

MARROCOS, P. C. L. **Nutrição mineral da *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche**. 1997. 91f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – UFV, Viçosa, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London : Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, S. S. Neem in Brazil- **Plantations, extracts, research and mainpests with potential of control**. In: R. S. de Faria e H. kleeberg (eds). **Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Workshop Neem e Pheromones**, Uberaba, Mg, Brazil, Trifolio-M, Lahnau, Germany, p.27-28, 2001.

MARTINEZ, S. S. **O NIM – *Azadirachta indica*: natureza, usos múltiplos, produção**. Instituto Agrônômico do Paraná- Londrina: IAPAR, 2002. 142p.

MENEGUIM, A. M.; MARTINEZ, S. S. **Avaliação da eficiência de extratos de neem (*Azadirachta indica*) no controle de ácaros**. In: **XVII Congresso Brasileiro de Entomologia**, Rio de Janeiro, RJ, ago/1998, Soc. Entomol. Brasil, p.1053.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, 849p.

MIELNICZUK, J. **O potássio no solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1978. 80p. (POTAFOS. Boletim, 2).

MIYAZAWA, M; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F.de S. do; MELLO, W. J. de. **Análise química de tecido vegetal**. In: SILVA, J. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, p.171-224, 1999.

NEVES, B. P.; OLIVEIRA, I. P.; NOGUEIRA, J. C. M.; **Cultivo e Utilização do nim indiano**, Embrapa Arroz e Feijão – Goiás – GO, 12p, 2003.

NOVAIS, R. F. de; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.

NUCCI, T. A. de. **Macronutrientes em kiwi cultivares bruno e monty: concentração, sintomas de carência e exportação pelos frutos**. 1996. 95f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – ESALQ/USP, Piracicaba, 1996.

PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; NOGUEIRA, F. D. **Nutrição e adubação do abacaxizeiro**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.19, n.195, p.33-39, 1998.

PEREIRA, W. L. M. **Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para capim-mombaça**. 2001.124f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2001.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. p.343.

SANTI, A. **Deficiência de macro e micronutrientes em sorgo**. 2004. 61f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – UFMT, Cuiabá, 2004.

SARRUGE, J. R. **Soluções nutritivas**. Summa Phytopathologica, v.1, n.3, p.231-233, 1975. (Nota técnica).

THOMPSON, J. F.; SMITH, I. K.; MADISON, J. T. **Sulfur metabolism in plants**. In : TABATABAI, M. A., ed. **Sulfur in agriculture**. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.57-121.

ULRICH-EBERIUS, C. I.; NOVACCKY, A. ; FISCHER, E.; LUTTGE, U. Relationship between energy-dependent phosphate uptake and the electrical

membrane potential in lemma gibba G1. **Plant Physiology**. Darmstadt, 67:797-801, 1981.

UTUMI, M. M.; MONNERAT, P. H.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R.; GODINHO, V. de P. C. Deficiência de macronutrientes em estévia: Sintomas visuais e efeitos no crescimento, composição química e produção de estevosídeo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.1039-1043, 1999.

VELOSO, C. A. C. **Deficiências de macro e micronutrientes e toxidez de alumínio e manganês na pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.)**. 1993. 145f. Tese (Doutorado em agronomia) – ESALQ, Piracicaba, 1993.

VIÉGAS, I. de J. M.; BATISTA, M. M. F.; FRAZÃO, D. A. C.; CARVALHO, J. G. de; SILVA, J. F. da; Avaliação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S em plantas de gravioleira cultivadas em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n.38m p.17-28, 2002.

WALLAU, R. L. R.; BORGES, A. R.; ALMEIDA, D. R.; CAMARGOS, S. L.; Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v.14, p.304-310, 2008.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)