



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA TROPICAL**

**MARIA LUIZA CÂNDIDO GUIMARÃES**

**DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A EXTRATOS DE NIM  
(*Azadirachta indica*) SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO  
NITROGENADA DA BERINJELA E DA RÚCULA**

**POMBAL-PB  
2016**

**MARIA LUIZA CÂNDIDO GUIMARÃES**

**DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A EXTRATOS DE NIM  
(*Azadirachta indica*) SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO  
NITROGENADA DA BERINJELA E DA RÚCULA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de mestre.

**Orientador:** Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha

**POMBAL-PB  
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G963d      Guimarães, Maria Luiza Cândido.  
Doses de nitrogênio associadas a extratos de nim (*Azadirachta indica*) sobre o crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela e da rúcula / Maria Luiza Cândido Guimarães. – Pombal, 2016.  
55f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha".

Referências.

1. Adubação Nitrogenada. 2. Extratos de Nim (*Azadirachta indica*). 3. Berinjela e Rúcula - Nutrição Nitrogenada. 4. Processo de Nitrificação. I. Rocha, Josinaldo Lopes Araujo. II. Universidade Federal de Campina, Pombal (PB). III. Título.

CDU 631.84(043)

**DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A EXTRATOS DE NIM  
(*Azadirachta indica*) SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO  
NITROGENADA DA BERINJELA E DA RÚCULA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de mestre.

Aprovada em 20 de abril de 2016

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha  
(CCTA/UAGRA/UFCG)  
Orientador

---

Prof. Dr. Anielson dos Santos Souza  
(CCTA/UAGRA/UFCG)  
Examinador Externo

---

Prof. Dr. Francisco Hevilásio Freire Pereira  
(CCTA/UAGRA/UFCG)  
Examinador Interno

**POMBAL-PB**

**2016**

*Dedico a Deus, o Mestre e Senhor da  
minha vida, por me carregar em seus braços.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela salvação da minha vida, por Seu amor, cuidado e direção. Ao Mestre da minha vida, meu sustentáculo e refugio em todas as horas.

Aos meus pais, Marileide Guimarães e Luis Cândido, meus alicerces, que com muito carinho, apoio e dedicação não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

A minha sobrinha, Clara Gomes Guimarães, a maior prova de amor na terra. Inspiração para que eu continue lutando por dias melhores.

A minha irmã pelo apoio e carinho, Janaína Marília, parte fundamental da minha vida. Ao meu cunhado e grande incentivador, Carlos Gomes.

A todos meus familiares que viveram e me apoiaram nesse sonho.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e ao Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar pela disponibilidade da infraestrutura utilizada para realização da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical (PPGHT).

Ao Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo, pela dedicação, confiança, compreensão, ensinamentos e orientação no decorrer dessa caminhada.

Aos professores que contribuíram e acompanharam para o meu desenvolvimento na instituição.

A CAPES pela concessão da bolsa.

Ao laboratorista Francisco Alves da Silva, pela orientação na realização das análises de laboratório (Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas).

Aos colegas Kariolania Fortunato de Paiva e Rafael Guimarães Veriato pela colaboração na realização do experimento, vocês foram fundamentais, bem como os colegas Francisco Tarcísio, Edmar Gonçalves e Reynaldo Teodoro.

Aos amigos de curso que com paciência me ajudaram a concluir essa etapa, me apoiando ao longo do caminho, Anne Maia, Leandro de Pádua e Sonaria Sousa.

Agradeço aos meus amigos que mesmo distante acompanharam e entenderam minha ausência, torceram e me incentivaram para essa conquista.

Por fim agradeço a todos que de forma direta ou indireta me ajudaram para essa realização.

*Porque eu, o Senhor teu Deus, te tomo pela tua mão direita; e te digo: Não temas, eu te ajudo. Is 41:13.*

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>TABELA 1</b> Atributos químicos e físicos do solo.....	12
<b>TABELA 2</b> Teores e acúmulos de N-total amônio (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) e eficiência de utilização de N (EUN) em folhas de berinjela em função dos tratamentos de inibição da nitrificação.....	26
<b>TABELA 3</b> Número de folhas por planta de rúcula em função de doses de nitrogênio e de tratamento de inibição da nitrificação.....	31
<b>TABELA 4</b> Altura de planta de rúcula em função de doses de nitrogênio e de tratamento de inibição da nitrificação .....	32
<b>TABELA 5</b> Teores e acúmulos de N-total, amônio (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) em folhas de rúcula em função dos tratamentos de inibição da nitrificação .....	38



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>FIGURA 1</b> Esquema de obtenção dos extratos alcoólicos do fertilizante com inibidor da nitrificação .....	14
<b>FIGURA 2</b> Teores de amônio (A e B), nitrato (C e D) n-mineral (E e F) e relação amônio/nitrato (G e H) no solo em função dos períodos de incubação.....	19
<b>FIGURA 3</b> Altura de planta (A), número de folhas por planta (B), massa seca de folhas (MSF) (C), massa seca de caule (MSC) (D), massa seca de raízes (MSR) (E) e massa seca total (MST) (F) em plantas de berinjela.....	22
<b>FIGURA 4</b> Características de crescimento da berinjela cultivada sob diferentes tratamentos de inibição da nitrificação .....	24
<b>FIGURA 5</b> Teores foliares de N-total (A), acúmulo de N-total (B), teor de amônio ( $N-NH_4^+$ ) (C), acúmulo de amônio (D) e eficiência de utilização de N (EUN) (E) em plantas de berinjela, em função dos tratamentos de inibição da nitrificação .....	27
<b>FIGURA 6</b> Teor (A) e acúmulo (B) de ( $N-NO_3^-$ ) em plantas de berinjela em função das doses de nitrogênio e de tratamento à base de nim.....	29
<b>FIGURA 7</b> Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) em plantas de rúcula, em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim .....	33
<b>FIGURA 8</b> Produção de massa seca das raízes (MSR) em plantas de rúcula, em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim .....	34
<b>FIGURA 9</b> Produção de massa seca total (MST) em plantas de rúcula, em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim .....	35
<b>FIGURA 10</b> Produção razão raiz/parte aérea (RRPA) em plantas de rúcula, em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim .....	36
<b>FIGURA 11</b> Produção razão raiz/parte aérea (RRPA) em plantas de rúcula, em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim .....	37
<b>FIGURA 12</b> Teor (A) e cúmulo (B) de ( $N-NO_3^-$ ) em plantas de rúcula em função das doses de nitrogênio e produtos à base de nim .....	40

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>TABELA 1A</b> Resumo da análise de variância para valores da relação parte aérea/raiz (RPAR), Altura de planta e número de folhas de plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação .....	53
<b>TABELA 2A</b> Resumo da análise de variância para valores da massa seca das folhas (MSF), do caule (MSC), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação .....	53
<b>TABELA 3A</b> Resumo da análise de variância para valores de N-total, acúmulo de nitrogênio nas folhas, eficiência na utilização de nitrogênio (EUM), teor de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o acúmulo de amônio nas folhas em plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação .....	53
<b>TABELA 4A</b> Resumo da análise de variância para valores de teor e acúmulo de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.....	54
<b>TABELA 5A</b> Resumo da análise de variância para valores de número de folhas por planta e altura de planta (cm) da rúcula em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.....	54
<b>TABELA 6A</b> Resumo da análise de variância para valores da massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR), total (MST) e razão raiz/ parte aérea (RRPA) de plantas de rúcula em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação .....	54
<b>TABELA 7A</b> Resumo da análise de variância para valores de N-total, acúmulo de nitrogênio nas folhas, teor de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o acúmulo de amônio nas folhas de rúcula em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação .....	55
<b>TABELA 8A</b> Resumo da análise de variância para valores de teor e acúmulo de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em plantas de rúcula em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.....	55

## RESUMO

GUIMARÃES, Maria Luiza Cândido.

**DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADAS A EXTRATOS DE NIM (*Azadirachta indica*) SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO NITROGENADA DA BERINJELA E DA RÚCULA.**, 2016. 55p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

A berinjela e a rúcula são hortaliças exigentes em nitrogênio (N) para uma produção adequada, fazendo com que o N encontre-se como o nutriente mais aplicado na agricultura na forma de fertilizantes minerais e, o que apresenta menor eficiência, devido suas perdas por diversos processos. Entretanto, uma das formas de evitar tais perdas em solos de elevada CTC, é inibir o processo de nitrificação. Desta forma o fornecimento adequado de N associados a produtos que retardem esse processo podem reduzir os impactos negativos causados por tais perdas. Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de extratos e folhas de Nim sobre a mineralização e nitrificação do nitrogênio no solo, bem como seu efeito no crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela e rúcula. Três experimentos, em delineamento inteiramente casualizado, foram conduzidos com amostras de um solo de textura franco arenosa. No primeiro experimento, os tratamentos foram constituídos por um arranjo fatorial 4 x 2, compreendendo 4 tratamentos referentes a inibição da nitrificação à base de nim (extratos de folhas; extrato de sementes; folhas secas e sem inibidor) e duas doses de N (0 e 320 mg dm<sup>-3</sup>), com cinco repetições. No primeiro experimento, durante 28 dias, a cada sete dias, foram avaliados, os teores de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), N-mineral e a relação amônio/nitrato presente no solo. O segundo, foi realizado com plantas de berinjela, da cultivar “Embú”, onde os tratamentos foram constituídos por um arranjo fatorial 4 x 4, sendo quatro tratamentos da inibição da nitrificação (extratos de folhas; extrato de sementes; folhas secas e sem inibidor) e quatro doses de N (20; 120; 220 e 320 mg dm<sup>-3</sup>), com três repetições. Na fase de pré-florescimento, foram determinados as variáveis de crescimento; os teores foliares e os acúmulos das de nitrogênio. No terceiro experimento, utilizou-se plantas de rúcula, da cultivar “rúcula cultivada” onde os tratamentos foram constituídos por um arranjo fatorial 4 x 4, compreendendo quatro tratamentos da inibição da nitrificação (extratos de folhas; extrato de sementes; folhas secas e sem inibidor) e quatro doses de N (10; 120; 220 e 320 mg dm<sup>-3</sup>), com três repetições. No ponto de colheita da rúcula, avaliou-se o crescimento; teores foliares e acúmulos das frações de nitrogênio. Durante os 28 dias de incubação, os produtos à base de nim não inibiram claramente o processo de mineração ou nitrificação do N aplicado ao solo, houve apenas uma retardação da mineração deste N quando esteve associado a extratos de folhas ou de sementes. A adubação nitrogenada influenciou no crescimento da berinjela e da rúcula, proporcionando incremento na produção e nos teores e acúmulos de N nas folhas. A resposta da rúcula a adubação nitrogenada, foi dependente dos produtos à base de nim.

**Palavras-chave:** Adubação nitrogenada, *Solanum melongena* L., *Eruca Sativa* L., inibidores da nitrificação, nitrato.

Orientador: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha, CCTA/UFPG

## ABSTRACT

GUIMARÃES, Maria Luiza Cândido

**NITROGEN DOSES ASSOCIATED WITH NIM EXTRACTS ( *Azadirachta indica*) ON GROWTH AND NITROGEN NUTRITION OF EGGPLANT AND ARUGULA., 2016. 55p.** Dissertation (Master of Tropical Horticulture) - Federal University of Campina Grande, Pombal - PB.

The eggplant and arugula are demanding vegetables in nitrogen (N) to a suitable production, making the N meet as the nutrient usually applied in agriculture in the form of mineral fertilizer and which has lower efficiency, because their losses various processes. However, one way to avoid such loss in high CTC soils is inhibit nitrification. Thus, the adequate supply of N associated with products that retard this process can reduce the negative impacts caused by such losses. This work aimed to evaluate the effect of extracts and leaves of neem on the mineralization and nitrification of nitrogen in the soil and its effect on growth and nitrogen nutrition eggplant and arugula. Three experiments in completely randomized design were conducted with samples of soil sandy loam texture. In the first experiment, the treatments were factorial arrangement 4 x 2, comprising 4 treatments related to nitrification inhibition based on neem (leaf extracts; seed extract, dried leaves and without inhibitor) and two N rates (0 and 320 mg dm<sup>-3</sup>), with five repetitions. In the first experiment for 28 days, every seven days, were evaluated the levels of nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), N-mineral and ammonium relationship/nitrate in the soil. The second was made with eggplants, cultivar "Embu" where treatments were factorial arrangement 4 x 4, with four treatments of nitrification inhibition (leaf extracts; seed extract, dried leaves and without inhibitor) and four nitrogen rates (20, 120, 220 and 320 mg dm<sup>-3</sup>) with three replications. In the pre-flowering stage, they were determined growth variables; leaf contents and accumulations of nitrogen. In the third experiment, used rocket plants, cultivar "grown arugula" where treatments were factorial arrangement 4 x 4, comprising four treatments of nitrification inhibition (leaf extracts; seed extract, dried leaves and without inhibitor) and four nitrogen rates (10, 120, 220 and 320 mg dm<sup>-3</sup>) with three replications. At the point of picking arugula, was evaluated growth; foliar and accumulations of nitrogen fractions. During the 28 days of incubation, the neem-based products not clearly inhibited the process of mining or nitrification of N applied to the soil, there was only a deceleration of mining this when N was associated with extracts of leaves or seeds. Nitrogen fertilization influenced the growth of eggplant and arugula, providing an increase in production and content and accumulation of N in the leaves. The Arugula response to nitrogen fertilization was dependent on the products of neem

**Keywords:** Nitrogen, *Solanum melongena* L., *Eruca Sativa* L., nitrification inhibitors, nitrate.  
Orientador: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araujo Rocha, CCTA/UFPG

## Sumário

<b>RESUMO</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2.REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	3
2.1.Importância das hortaliças estudadas .....	3
2.2.Dinâmica do nitrogênio no solo .....	4
2.3.Nitrogênio nas plantas .....	6
2.4.Respostas da berinjela e da rúcula à adubação nitrogenada .....	8
2.5.Inibidores da nitrificação .....	10
<b>3.MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	12
3.1.Local dos experimentos e caracterização do solo .....	12
3.2.Experimento I: Efeito dos produtos à base de nim sobre a nitrificação .....	13
3.3.Experimentos II e III : Efeito de doses de nitrogênio e de produtos à base de nim sobre o crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela e da rúcula .....	14
3.3.1. Experimento com berinjela .....	14
3.3.2. Experimento com rúcula .....	15
3.4. Análises estatísticas .....	16
<b>4.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	17
4.1.Experimento I: Efeito dos produtos à base de nim sobre a nitrificação .....	17
4.2.Experimento II e III: Efeito de doses de nitrogênio e de produtos à base de nim sobre o crescimento e nutrição da berinjela e da rúcula .....	21
4.2.1. Berinjela .....	21
4.2.2. Rúcula .....	31
<b>5.CONCLUSÕES</b> .....	42
<b>6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	43
<b>APÊNDICE</b> .....	53

# 1. INTRODUÇÃO

Dentre as hortaliças mais consumidas, destacam-se a berinjela (*Solanum melongena* L.) e a rúcula (*Eruca sativa* L.). A berinjela é uma hortaliça de importância comercial no Brasil, principalmente na região Sudeste, sendo cultivada em área de aproximadamente 1.500 ha, no entanto, o mercado consumidor é muito exigente quanto à qualidade final do produto, fazendo com que os produtores introduzam cada vez mais novas tecnologias, para alcançar melhor qualidade do produto. Entre as tecnologias usadas, o cultivo em ambiente protegido e a utilização de híbridos são os freqüentemente mais utilizados. (FILGUEIRA, 2000).

Seu fruto representa fonte de vitaminas e sais minerais e suas propriedades medicinais, auxiliam na diminuição do colesterol (JORGE et al., 1998), assim como seu efeito hipoglicêmico e prevenção de doenças cardiovasculares (DERIVI et al., 2002). A rúcula por sua vez, é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae, cujas folhas são consumidas principalmente em saladas, conservando todas as suas propriedades nutritivas, sendo rica em vitamina C, potássio, ferro e enxofre, apresenta ainda propriedades anti-inflamatórias e desintoxicante para o organismo (MEDEIROS et al., 2007).

As culturas, de modo geral, respondem bem a adubação nitrogenada, pois o fornecimento de N favorece o desenvolvimento, expande a área fotossintética ativa e eleva o potencial produtivo das culturas. Porém as hortaliças herbáceas apresentam efeito direto na produtividade, já que o produto é constituído por folhas, hastes tenras e inflorescência. Em hortaliças-fruto, também ocorre à correlação direta e positiva entre o peso da parte aérea e a produtividade (FILGUEIRA, 2008). O nitrogênio (N) é um nutriente de grande demanda metabólica e o que mais frequentemente limita o crescimento vegetal (MALAVOLTA et al., 2006).

A conversão do  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NO}_3^-$ , denominada de nitrificação, depende de bactérias específicas para ocorrer, essas bactérias são capazes de nitrificar a amônia para que ocorra a formação de nitrato (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Dentre as reações do N no solo, a nitrificação é destacada, uma vez que o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) gerado neste processo está sujeito a perdas para as águas subterrâneas através da lixiviação, resultando em problemas econômicos e ambientais (FRYE, 2005). Uma das

formas de evitar as perdas de N em solos de elevada CTC é inibir ou retardar o processo de nitrificação, diminuindo assim suas perdas por lixiviação. Há no mercado diversos produtos sintéticos utilizados como retardadores da nitrificação tais como a nitrapirina ou N-serve [2-cloro-6-(tricolorometil) piridina], a dicianodiamida (DCD) e o mais recente 3,4-dimetilpirazole-fosfato (DMPP). Contudo, estes produtos apresentam um elevado custo, o que pode inviabilizar em muitos casos, sua utilização, sendo necessário buscar alternativas de menor custo de aquisição.

Estudos sobre inibição ou retardamento da nitrificação empregando-se produtos à base de plantas têm demonstrado resultados positivos (MOHANTY et al., 2008). Recentemente outros estudos utilizando produtos naturais evidenciaram uma redução da formação de nitrato no solo. (SIVASAKHY; GNANAVELRAHAH, 2010, 2012). Neste sentido, a espécie Nim (*Azadirachta indica* L.) é a que tem despertado maior interesse nestes estudos devido ao seu maior potencial, tanto, na inibição da hidrólise da ureia, quanto no retardamento ou inibição do processo de nitrificação.

Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de extratos e folhas de Nim e doses de N sobre a mineralização e nitrificação do nitrogênio do solo, bem como seu efeito no crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela e da rúcula.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Importância das hortaliças estudadas**

A berinjela é uma solanácea de fruto originária do continente asiático. Seu consumo no Brasil vem crescendo nos últimos anos devido ao seu fruto apresentar fonte de vitaminas e sais minerais (FILGUEIRA, 2008). Seus frutos são longos e grandes, do tipo baga, de formato variável (oval, oblongo, arredondado, alongado etc), com coloração brilhante, branca, rosada amarela, púrpura ou preta (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2013).

De acordo com a FAO (2013) a produção mundial da berinjela no ano de 2012 foi liderada pela China (28,8 mil t), Índia (12,2 mil t) e Irã (1,3 mil t). Já de acordo com o censo agropecuário (IBGE, 2006), a produção total do Brasil foi cerca de 78.217 t. Os estados com maiores produção foram São Paulo (33.195 t) e Minas Gerais (15.319 t), e na Paraíba nesse mesmo ano a produção foi de apenas 150 t. Embora no Brasil a produção total ainda seja baixa, a demanda vem crescendo devido às suas propriedades medicinais, como pela prevenção de doenças cardiovasculares e suas propriedades redutoras dos níveis de colesterol no sangue, além de ser uma boa fonte de fibras, sais minerais e vitaminas (GONÇALVES et al., 2006).

Sendo a berinjela tipicamente tropical, é favorecida pelo calor e exigente em luminosidade (FILGUEIRA, 2008), assim a região semiárida do nordeste brasileiro, encontra-se em destaque por apresentar condições de clima favoráveis. A cultura ainda é considerada tolerante a solos ácidos, porém com melhor desempenho em solos de pH entre 5,5 a 6,8 (FILGUEIRA, 2008). Em solos areno-argilosos, e bem drenados exibe o melhor desenvolvimento da cultura. Um dos nutrientes que a cultura mais extrai do solo é o nitrogênio, sendo muito responsiva às adubações com este elemento (OLONIRUHA, 2009; MORADITOCHEAE et al. 2011).

Apesar do crescente interesse dos consumidores por produtos vegetais e fitoterápicos, ainda são poucos os produtores na região que investem na produção da berinjela, e grande parte desse desinteresse se deve à carência de informações sobre manejo da cultura (OLIVEIRA et al., 2011). Assim, o aumento das áreas cultivadas depende do investimento em tecnologia e em pesquisa científica, visando diminuir os



gastos com insumos, como defensivos e fertilizantes, buscando-se aumentar a eficiência de utilização destes na produção da cultura.

A cultura da rúcula é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae, cujas folhas são consumidas principalmente em saladas, conservando todas as suas propriedades nutritivas, sendo rica em vitamina C, potássio, ferro e enxofre, apresenta ainda propriedades antiinflamatórias e desintoxicante para o organismo (MEDEIROS et al., 2007). Suas folhas são relativamente espessas e recortadas, podem ter bordas lisas, variando até ficarem recortadas, de coloração verde, com nervuras (SALA et al., 2004).

Possui ciclo curto, cresce rapidamente sob temperaturas amenas, florescendo em dias longos com altas temperaturas (MORALES; JANICK, 2002).

Dentre as hortaliças, a cultura destaca-se entre as folhosas mais consumidas. Segundo Setubal e Silva (1992), a produção das hortaliças depende da ação conjunta de fatores genéticos, ambientais e nutricionais. Nos últimos anos, a cultura vem apresentando crescimento, tanto na produção como no consumo.

De acordo com Filgueira (2008) a área estimada de cultivo no Brasil de rúcula é de 6.000 ha ano<sup>-1</sup>, com 85% da produção nacional concentrada na região Sudeste, e com produtividade muito variável em função do manejo e clima (COSTA et al., 2011). Nos últimos anos a rúcula vem ganhando espaço no cenário de hortaliças folhosas, esse crescimento significativo na produção está relacionado aos preços atrativos que nos últimos anos têm sido mais elevados do que outras folhosas (LINHARES et al., 2008; SILVA et al., 2008). Na região nordeste do país, o Rio Grande do Norte, encontra-se em crescimento no cultivo e consumo desta hortaliça.

## **2.2. Dinâmica do nitrogênio no solo**

No Brasil a quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo perde apenas para os fertilizantes fosfatados (NOVAIS et al., 2007). Os fertilizantes nitrogenados são produzidos principalmente a partir de combustíveis fósseis não renováveis, fato que torna o N geralmente o elemento mais caro no sistema de produção (MARCELINO, 2009), pois embora a atmosfera seja rica (78%) neste elemento, apenas

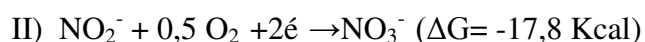
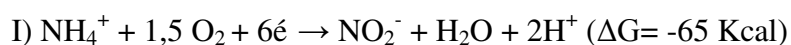
algumas espécies vegetais conseguem aproveitar diretamente esta fonte através da fixação biológica.

O estoque de N no solo é predominantemente na sua forma orgânica ocupando mais de 95% do N total. A forma inorgânica é composta principalmente por  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , podendo ocorrer em algumas situações uma pequena concentração de  $\text{NO}_2^-$  (CANTARELLA, 2007). De acordo com o mesmo, menores concentrações, ocorrem na presença de  $\text{N}_2$  e outros gases na atmosfera e na solução do solo.

O N é dentre os elementos no sistema solo-planta-atmosfera o que apresenta maior número de transformações bioquímicas no solo, ocorrendo de diversos processos, tais como, mineralização, nitrificação, lixiviação, imobilização e desnitrificação (MARCELINO, 2009).

O processo de mineralização, definido como transformação do N da forma orgânica para a forma inorgânica, sendo realizado por microrganismos heterotróficos do solo, que utilizam os compostos orgânicos como fonte de energia, é destacado como um dos processos mais importantes na dinâmica do N nos solos. Em solos sem restrição de oxigênio, à predominância de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) gerado a partir do processo de nitrificação (CANTARELLA, 2007).

A nitrificação é o processo de oxidação biológica do N amoniacal a nitrato através de microorganismos do solo. De acordo com Norton (2000), esse processo é dividido em duas fases, na primeira ocorre a formação de nitrito por atividade das bactérias do gênero *Nitrosomonas* (reação I); na segunda fase, o  $\text{NO}_2^-$  é convertido a  $\text{NO}_3^-$  por bactérias do gênero *Nitrobacter* (reação II) conforme as reações a seguir:



O baixo ganho energético da oxidação do  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$ , comparado com o ganho da oxidação do  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^-$ , mostra que as bactérias do gênero *Nitrobacter* processam maior quantidade de substrato para sobreviver, explicando assim, em parte, o fato da velocidade da oxidação do  $\text{NO}_2^-$  ser maior que a do  $\text{NH}_4^+$  (FIRESTONE, 1982; CANTARELLA, 2007).

Em solos jovens como é a maioria dos solos do semiárido, devido à predominância de cargas negativas na camada arável, a adsorção eletrostática de nitrato é insignificante, fazendo com que o  $\text{NO}_3^-$  esteja sujeito à lixiviação para as camadas mais profundas, podendo atingir as águas superficiais ou o lençol freático (CANTARELLA, 2007).

A lixiviação de nitrato é considerada uma das principais formas de perdas do N disponível às plantas (ERREBHI et al., 1998). Essa perda é influenciada diretamente pelos fatores que determinam o fluxo de água no solo e pela concentração de  $\text{NO}_3^-$  na solução do solo (WHITE, 1987). Fatores como sistema de preparo do solo, tipo de solo e forma de aplicação e doses dos fertilizantes nitrogenados, podem influenciar a concentração de nitrato na solução do solo e assim nas perdas de nitrogênio. A textura do solo também afeta a lixiviação, que é maior nos solos arenosos, que, por apresentarem menor microporosidade, têm movimentação mais rápida da água no sentido descendente (CANTARELLA, 2007). Desta forma, o excesso de nitrato lixiviado traz preocupações sob dois aspectos: primeiro pela contaminação de águas subterrâneas e dos mananciais e, segundo, porque pode elevar as emissões de N, nas formas de ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) nocivas ao ambiente através na desnitrificação, em ambientes com baixa disponibilidade de oxigênio.

### **2.3. Nitrogênio nas plantas**

O nitrogênio (N) é o elemento, que as plantas necessitam em maiores quantidades. É ainda o elemento que apresenta maiores dificuldades de manejo na produção agrícola (MACHADO, 2015). Os tecidos vegetais apresentam, de maneira geral, teores de N que variam de 20 a 50 g/kg na massa seca, podendo variar dependendo da espécie, do estágio de desenvolvimento e do órgão analisado (FAQUIN, 2005; MARSCHNER, 2012). Cerca de 90% do N da planta encontra-se em formas orgânicas e é assim que o nutriente desempenha suas funções, como componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas, aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, clorofilas e muitos outros importantes constituintes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2006; FAQUIN, 2005).

Segundo Barker e Bryson (2004) a maior porção de N nas plantas está na forma de proteínas, correspondendo 85% do N total, outras formas como ácidos nucleicos (DNA e RNA) correspondem a 5%, e de 5 a 10% outras formas de baixo peso molecular como, o restante compõe as formas inorgânicas como o  $\text{NH}_4^+$  e o  $\text{NO}_3^-$ .

Dependendo das condições do solo, ambas as formas de N mineral podem ser absorvidas pelas plantas. Em solos aerados com pH favorável a nitrificação, o  $\text{NO}_3^-$  geralmente é a principal forma de N absorvida, por está em maior quantidade que o  $\text{NH}_4^+$ . Segundo Souza e Fernandes (2006) o sistema de transporte de íons  $\text{NH}_4^+$  para o interior da membrana é do tipo passivo uniporte, ou seja, a favor de um gradiente de potencial eletroquímico sem troca por outro íon de mesma carga, enquanto o sistema de transporte para íons  $\text{NO}_3^-$  é do tipo ativo simporte, contra um gradiente de potencial eletroquímico, neste caso, dois íons  $\text{H}^+$  entra simultaneamente, o que fornece a energia necessária para o influxo de  $\text{NO}_3^-$ .

Quando absorvido como nitrato, o N deve ser reduzido para amônio para assim ser incorporado em compostos orgânicos. Nesta etapa o processo é mediado pela enzima redutase do nitrato, que utiliza NADH ou NADH(P) como poder redutor e converte nitrato em nitrito (TAIZ; ZEIGER, 2006). O nitrito é tóxico para as plantas, sendo transportado para os cloroplastos nas folhas ou para os plastídios nas raízes para ser convertido a amônio pela enzima redutase do nitrito (EPSTEIN; BLOOM, 2006). O amônio gerado é rapidamente convertido em aminoácidos, devido sua capacidade de despolarização da membrana plasmática. Esta conversão inicia-se com a ação das enzimas Glutamina Sintetase e da Glutamato Sintase, combinando glutamato com amônio, formando uma amida, a glutamina. Após a conversão do amônio em glutamina ocorrem reações de transaminação, incorporando o N em outros aminoácidos (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Quando absorvido na forma de  $\text{NO}_3^-$  o N pode ser transportado como tal para a parte aérea, caso não tenha sido reduzido nas raízes para nitrito e assim para amônio. Quando absorvido na forma de amônio, o N pode ser assimilado já nas raízes na forma de aminoácidos e assim transportado para a parte aérea. Desta forma o  $\text{NO}_3^-$  e os aminoácidos são as principais formas de transporte de N no xilema de plantas superiores (FAQUIN, 2005).

Devido às funções que exerce na planta, a deficiência de nitrogênio resulta em um crescimento lento com folhas cloróticas causadas pela baixa assimilação e ocasiona um florescimento prematuro com encurtamento do ciclo da planta. Porém em excesso, o N promove o desenvolvimento da parte aérea com folhas verde escuras devido ao alto teor de clorofila nos tecidos e pouco crescimento radicular, além de reduzir a resistência da planta às condições adversas como pragas e doenças (TAIZ; ZAIGER, 2006).

O N é facilmente redistribuído nas plantas via floema, na forma de aminoácidos. Quando o suprimento de N pelo meio é insuficiente, o N das folhas velhas é mobilizado para os órgãos e folhas mais novas. Consequentemente, plantas deficientes em N mostram os sintomas primeiramente nas folhas velhas. Segundo Ghosh et al. (1995) no processo de remobilização, os compostos nitrogenados são degradados, e o N é liberado na forma de  $\text{NH}_4^+$ , o qual é reassimilado e convertido para glutamina e asparagina principalmente, que serão translocados para os órgãos em crescimento e desenvolvimento. A ação da proteólise nestas condições e a distribuição de aminoácidos resultam no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um decréscimo no conteúdo de clorofila. Por esta razão, o amarelecimento das folhas velhas é o primeiro sintoma de uma inadequada nutrição da planta em nitrogênio (FAQUIN, 2002; MALAVOLTA, 2006).

#### **2.4. Respostas da berinjela e da rúcula à adubação nitrogenada**

De acordo Albuquerque et al. (2011) a adubação propicia a utilização racional dos fertilizantes, buscando efeito na nutrição mineral e na produção agrícola. Consequentemente, o manejo adequado da adubação, associado com uma irrigação eficiente, resultam em aumentos na produtividade das culturas, principalmente nas hortaliças.

No geral as solanáceas, são muito exigentes em nitrogênio, como é o caso da berinjela. A elevação das doses de nitrogênio aumenta a massa seca das raízes, do caule e dos demais tecidos vegetais. De acordo com Aminifard et al. (2010) as respostas da berinjela em função das doses de N variam com as condições ambientais e as cultivares utilizadas.

Trani et al. (2011) recomendam a aplicação de 290 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio para 12.500 plantas. Já de acordo com Moraditochae et al. (2011) o máximo rendimento dos frutos foram obtidos com doses variando de 70 a 185 kg ha<sup>-1</sup>.

Medeiros et al. (2015) avaliaram a produção de berinjela irrigada com água de reuso e interação de N e P, constatando a tendência da área foliar (AF) da berinjela em função das doses de N. Verificando ainda que o aumento da dose de N promoveu um decréscimo linear conforme se aumentava as doses.

Abrantes (2014), ao avaliar doses de N combinadas com silício (Si) na cultura da berinjela observou um aumento quadrático no diâmetro do caule (DC) com valor máximo encontrado na dose 442 mg dm<sup>-3</sup> de N, sem interação entre os fatores estudados. Concluindo ainda que houve aumento significativo na produção de massa seca, trocas gasosas, teores das frações de N assim como seus respectivos acúmulos.

Por se tratar de uma hortaliça folhosa, a rúcula requer uma maior exigência na adubação nitrogenada. Sendo este o segundo nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da rúcula (GRANGEIRO et al., 2011). Aguiar Júnior et al. (2010) recomendam a dose de 180 kg de N/ha para cultura da rúcula, havendo incremento na produção, aumento da área foliar, biomassa fresca e seca com concentrações de 180, 210 e 190 kg N/ha respectivamente.

E recentemente, Hedge (2013) a berinjela encontra-se sendo bastante exigente em nutrientes, podendo extrair do solo cerca de 190 kg de N, 10, 9 kg de P e 128 kg de K para uma produção equivalente a 60 toneladas.

Purquério (2005), ao realizar experimento com a cultura da rúcula evidenciou que as melhores produções foram obtidas com as aplicações de 179 e 240 kg N/ha, para os cultivos em estufa e em campo, respectivamente.

Steiner et al. (2011), observaram que o aumento das doses de nitrogênio até 160 mg dm<sup>-3</sup> proporcionou aumentos lineares no teor e no acúmulo de nitrato nas folhas de rúcula. Barros Jr. et al. (2009) encontraram respostas a doses maiores de nitrogênio. Os autores, avaliando o consórcio de rúcula e alface, em condições de campo, obtiveram resposta da rúcula até a dose de 375 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de nitrato de amônio, com produtividade de 730 g m<sup>-2</sup> de massa fresca.

## 2.5. Inibidores da nitrificação

Uma das formas de minimizar as perdas de N e os impactos ambientais e econômicos associados é o emprego de estratégias ou produtos que impeçam ou diminuam o processo de nitrificação do N no solo aplicado na forma de fertilizantes. Neste sentido, há no mercado alguns produtos sintéticos conhecidos como inibidores da nitrificação. Estes produtos têm sido empregados para retardar a nitrificação e minimizar os possíveis impactos negativos decorrentes do excesso de nitrato no solo.

Os inibidores têm por objetivo retardar a formação de  $\text{NO}_3^-$  no solo mediante interferência na atividade das bactérias do gênero *Nitrosomonas*, responsáveis pela oxidação do amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), que corresponde à primeira fase da nitrificação (TRENKEL, 1997).

Existem vários compostos patenteados como inibidores de nitrificação, porém poucos demonstraram eficiência agrônômica e econômica simultaneamente. Há uma série de inibidores sintéticos comercializados em todo o mundo (MAJUMDAR, 2008). Entretanto, no Brasil os principais inibidores comercializados são a nitrapirina ou N-serve [2-cloro-6-(tricolorometil) piridina], a dicianodiamida (DCD) e o mais recente 3,4-dimetilpirazole-fosfato (DMPP) desenvolvido na Alemanha, o qual também tem se mostrado eficiente (XU et al., 2005; CANTARELLA, 2007; McGEOUGH et al., 2012).

Na busca de alternativas a estes produtos, alguns trabalhos foram realizados em outros países testando extratos, pó de folhas ou de sementes de algumas espécies vegetais visando retardar ou reduzir a quantidade de nitrogênio nitrificado no solo (SANTHI et al., 1986; MAJUMDAR 2002; MAJUMDAR et al., 2008; MOHANTY et al., 2008; SIVASAKHY; GNANAVELRAHAH, 2010, 2012). Dentre as espécies estudadas, o nim (*Azadirachta indica*) foi a que apresentou o melhor desempenho. O nim (*Azadirachta indica*) é uma espécie nativa da Índia e Myanmar (antiga Burma), onde cresce em florestas de regiões tropicais e subtropicais. Nessas regiões o nim se apresenta como árvore de crescimento rápido e perenifólia (MAITHANI et al., 2011). Um dos produtos mais explorados da espécie é o óleo que é rico em azadiractina, um dos compostos bioativos que agem na inibição da atividade de diversos microrganismos fitopatogênicos de plantas e também do solo.

Em condições de laboratório, Santhi et al. (1986) avaliaram o efeito da adição de extratos de folhas secas, folhas frescas e extrato de sementes moídas de nim misturadas a soluções de ureia, sobre a população de bactérias nitrificadoras e observaram que todos os produtos à base de nim testados foram eficientes em diminuir a população destes organismos, principalmente o extrato de folhas secas. A azadiractina (um limonóide, metabólito secundário) presente no nim é o composto bioativo que age inibindo o crescimento dos microrganismos por impedir sua alimentação (MOHANTY et al., 2008).

Joseph e Prasad (1993) avaliaram o efeito de dicianodiamida (DCD) e de torta de nim misturados a ureia em condições de campo na Índia no cultivo do trigo. Os autores observaram que ambos os produtos foram eficientes em diminuir a produção de  $\text{NO}_3^-$  no solo, mas a adição DCD na ureia foi mais eficiente que a adição de torta de nim. No norte da Índia, Majumdar et al. (2008) avaliaram o efeito de inibidores da nitrificação sobre as emissões de óxido nitroso e concluíram que o DCD contribuiu significativamente para reduzir as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , entretanto, a utilização de inibidor à base de nim não produziu o mesmo efeito. Mohanty et al. (2008) estudaram o efeito de pó de sementes de nim na atividade da urease e da nitrificação em diferentes solos sob diferentes umidades e temperaturas. Os autores observaram que o inibidor à base de nim não inibiu a atividade da urease, mas reduziu significativamente o processo de nitrificação. Mais recentemente, Sivasakhy e Gnanavelraha (2012) realizaram um trabalho semelhante em condições de campo e concluíram que pó de folhas de nim, quando misturados com ureia, ou quando aplicado com esterco, como fonte de N, apresenta potencial de reduzir a lixiviação de nitrato do solo.

Embora alguns trabalhos tenham mostrado a eficiência de produtos à base de nim como inibidores da nitrificação, raramente foi testado este efeito sobre o aproveitamento do N aplicado e, ou crescimento vegetal.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local dos experimentos e caracterização do solo

Foram conduzidos três experimentos em ambiente protegido no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA), Campus de Pombal-PB, com ausência de plantas, no período de março a abril de 2015, bem como experimento com plantas de berinjela cultivar “Embú”, no período de outubro de 2014 e dezembro de 2014, e com plantas de rúcula da variedade “rúcula cultivada”, no período de março a abril de 2015.

Nos três experimentos foram empregadas amostras de um Luvissole Crômico coletadas na camada de 0-40 cm em áreas pertencentes à Fazenda Experimental do CCTA, localizada no município de São Domingos (PB). Após secas ao ar, desterroado e passado em peneira de malha de 2,0 mm, o solo foi encaminhada ao Laboratório de Análises de Solo e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG para sua caracterização química e física (Tabela 1) conforme procedimentos descritos em Embrapa (1997).

Tabela 1- Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento.

Atributos químicos	Valor	Atributos físicos	Valor
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6,44	Areia (gkg <sup>-1</sup> )	574
H+Al	0,25	Silte (gkg <sup>-1</sup> )	257
P (mg kg <sup>-1</sup> )	46,0	Argila (gkg <sup>-1</sup> )	169
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,22	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,36
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,2	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,64
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,7	Porosidade (m <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	0,48
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,6	Classe textural	Franco-arenosa
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	26,51		
V%	99,08		

P, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>: Extrator Mehlich 1; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: Extrator acetato de Ca<sup>+2</sup> 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7; Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>: Extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>.

### **3.2. Experimento I: Efeito dos produtos à base de nim sobre a nitrificação**

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, compreendendo 4 tratamentos referentes à inibição da nitrificação: extrato de folhas (EF); extratos de sementes (ES); folhas secas (F) e sem inibidor (SI) e 2 doses de nitrogênio (0 e 320  $\text{dm}^{-3}$ ), com 5 repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 1,2  $\text{dm}^3$  de solo. O preparo dos extratos (Figura 2) e sua aplicação no solo foi baseada em (Santhi et al., 1986), visando a obtenção de um fertilizante com 30 g de matéria seca de sementes ou folhas de nim para cada 100 g de nitrogênio. As folhas e sementes de Nim foram obtidas de árvores vigorosas do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar CCTA/UFCG. Dessa forma, 28,25 g de folhas ou de sementes secas em estufa a 50°C foram adicionados em 1.000 mL de álcool a 70%. O material permaneceu por 12 horas ininterruptas de agitação em agitador orbital a 180 rpm. Após este procedimento, os extratos obtidos foram filtrados e armazenados em geladeira para posteriormente ser empregado na preparação das soluções de ureia. No preparo das soluções de ureia foram tomados 100 mL de cada extrato (correspondente a 2,825 g de massa seca) nos quais foram diluídos 20,9 g de ureia (9,4 g de N), dando uma proporção de 30% de massa seca (sementes ou folhas).

Nos tratamentos de ureia sem inibidores e folhas secas de nim aplicadas ao solo, foi utilizada uma solução de ureia com a mesma concentração das demais (20,9 g/100mL). A partir destas soluções, mediante pipetagens, foram aplicadas as doses de N, em dose única por tratamento. No tratamento com a aplicação de folhas secas diretamente no solo, foi aplicada a dose de 1,0  $\text{g dm}^{-3}$ .

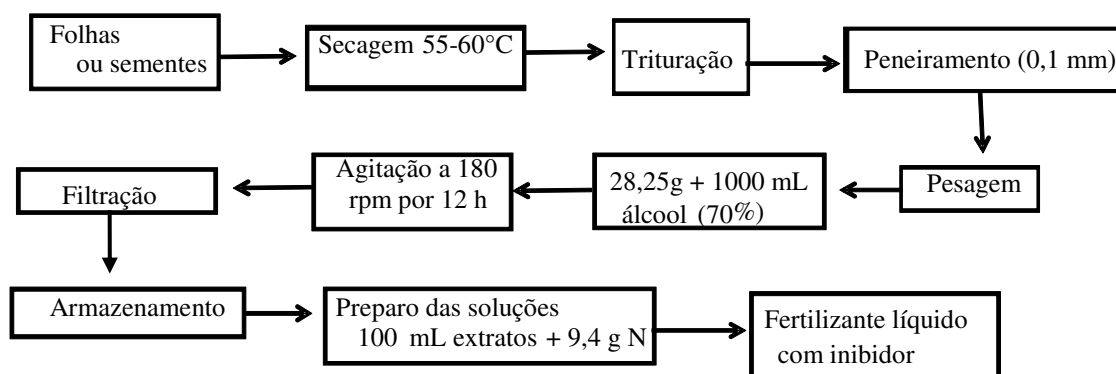


Figura 1- Esquema de obtenção dos extratos alcoólicos e preparo do fertilizante com inibidor da nitrificação.

O controle da umidade foi realizado a cada dois dias mediante pesagem, utilizando-se água destilada para repor a água perdida. Durante o experimento os vasos estavam cobertos com uma lona plástica para minimizar a evaporação. Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a instalação do experimento foram coletados 20 g de solo de cada vaso e levados para a determinação de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  extraídos em solução  $\text{KCl}$   $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1985). De posse das concentrações de amônio e nitrato, foram obtidas as concentrações de nitrogênio mineral e a relação amônio/nitrato em cada período de coleta.

### 3.3. Experimentos II e III : Efeito de doses de nitrogênio e de produtos à base de nim sobre o crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela e da rúcula

#### 3.3.1. Experimento com berinjela

Os tratamentos foram constituídos por um arranjo fatorial  $4 \times 4$ , compreendendo 4 tratamentos de inibição da nitrificação [extrato de folhas (EF); extratos de sementes (ES); folhas secas (F) e sem inibidor (SI)] e 4 doses de nitrogênio (20, 120, 220 e  $320 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado com

três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental consistiu de um vaso de 4 L de solo com uma planta.

As mudas de berinjela foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) de 128 células com uma semente por célula, utilizando-se como substrato comercial à base de fibra de coco. Trinta e dois dias após a semeadura foi realizado o transplante de uma muda por vaso. As irrigações foram realizadas manualmente conforme a necessidade da cultura e os tratamentos fitossanitários constaram da aplicação de Actara 250 GR® (10 L na concentração de 0,48 g L<sup>-1</sup> em uma única aplicação).

As doses de nitrogênio foram aplicadas na forma de ureia (45% de N), conforme os tratamentos, não foi utilizado a dose zero, mas sim uma dose mínima, tendo em vista a possibilidade das plantas não se desenvolverem e não produzirem material vegetal para análise. A adubação com macro (exceto nitrogênio) e micronutrientes foi realizada conforme recomendação de Malavolta (1980) com as seguintes doses em mg dm<sup>-3</sup>: P = 250; K = 300; Ca = 200; Mg = 50; S = 50; B = 0,5; Cu = 1,5; Fe = 5; Mn = 4; Mo = 0,15 e Zn = 5,0, utilizando-se fontes p.a. de alta solubilidade em água.

Na fase de pré-florescimento da cultura, as plantas foram colhidas e separadas em folhas, caule e raízes e levadas a estufa de secagem (60-65°C) para obtenção da massa seca da raiz (MSR), da parte aérea (MTA) e massa seca total (MST). Na massa seca das folhas foram determinados os teores de nitrogênio total (N-total) de acordo com Malavolta et al. (1997), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) como descrito em Tedesco et al. (1985) e nitrogênio nítrico (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) pelo método do ácido acetilsalicílico conforme Cataldo et al. (1975). Relacionando os dados de massa seca da parte aérea com os teores das frações de nitrogênio, foram calculados os totais acumulados destas formas de nitrogênio nestes tecidos e a eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) conforme Siddiqi & Glass (1981) pela fórmula:  $EUN = (massa\ seca)^2 / (acúmulo\ de\ N)$ .

### **3.3.2. Experimento com rúcula**

Os tratamentos foram constituídos por um arranjo fatorial 4 x 4, compreendendo 4 tratamentos de inibição da nitrificação [extrato de folhas (EF); extratos de sementes (ES); folhas secas (F) e sem inibidor (SI)] e 4 doses de nitrogênio (10, 120, 220 e 320 mg dm<sup>-3</sup>). Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado com

três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental consistiu de um vaso de 4 L de solo com duas plantas.

As mudas de rúcula foram produzidas em bandejas 288 células, utilizando-se como substrato composto orgânico + solo com três sementes por célula. Vinte dias após a semeadura foi realizado o transplante de duas mudas por vaso. As irrigações foram realizadas manualmente conforme a necessidade da cultura.

As doses de nitrogênio e a adubação básica com macro e micronutrientes foram realizados da mesma forma como no experimento com berinjela.

No ponto de colheita, as plantas foram colhidas e separadas em raízes e folhas e levadas a estufa de secagem (60-65°C) para obtenção da massa seca de raízes (MSR), da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e razão raiz parte aérea (RRPA). Na matéria seca das folhas foram determinados os teores de nitrogênio total (N-total) de acordo com Malavolta et al. (1997), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) como descrito em Tedesco et al. (1985) e nitrogênio nítrico (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) pelo método do ácido acetilsalicílico conforme Cataldo et al. (1975). Relacionando os dados de matéria seca da parte aérea com os teores das frações de nitrogênio, foram calculados os totais acumulados destas formas de nitrogênio.

### **3.4. Análises estatísticas**

No primeiro experimento com os dados obtidos estimaram-se as médias e o desvio-padrão para representar graficamente os resultados. Nos experimentos 2 e 3 os dados foram submetidos a análise de variância, e os efeitos das doses de nitrogênio sobre as variáveis dependentes foram avaliadas através de regressão polinomial, e o efeito dos tratamentos com inibidores da nitrificação pelo teste de Tukey, sendo ambos os testes realizados em nível de 5% de significância. Nas análises, foi empregado o *software* SISVAR (Ferreira, 2000).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Experimento I: Efeito dos produtos à base de nim sobre a nitrificação

Observou-se que, quando não se aplicou nitrogênio ao solo, os teores de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) (Figura 2A), nítrico ( $\text{N-NO}_3^-$ ) (Figura 2C) e nitrogênio mineral (Figura 2E) no solo, foram muito inferiores àqueles observados quando aplicaram-se  $320 \text{ mg N kg}^{-1}$  solo (Figuras 2B, 2D e 2F). Sem aplicação de nitrogênio, apenas para os teores de  $\text{NO}_3^-$ , observou-se diferença entre os tratamentos à base de nim, em que as maiores concentrações deste ânion foram proporcionadas por extrato de sementes (ES) aos 21 dias de incubação e por folhas secas (F) e extrato de folhas (EF) aos 28 dias de incubação (Figura 2C).

Nos tratamentos onde foram aplicados  $320 \text{ mg N kg}^{-1}$  solo, a partir dos 14 dias de incubação, a geração de amônio caiu para níveis comparáveis aos observados sem a aplicação de N ao solo e manteve-se assim até os 28 dias após a incubação (Figura 2B). Em relação aos tratamentos à base de nim, observou-se que aos 7 dias após a incubação, ES e EF proporcionaram uma menor geração de amônio no solo, indicando que tais tratamentos diminuíram a hidrólise da ureia. Este resultado contraria o observado por Mohanty et al (2008), que ao aplicarem pó de semente de nim na dose de  $20\text{mg}/100 \text{ mg}$  de N-ureia ao solo, concluíram que o produto não foi eficiente em inibir a hidrólise da ureia, mas inibiu significativamente a geração de nitrato no solo. Recentemente Sivasakhy e Gnanavelrahah (2012) realizaram o experimento em condições de campo e concluíram que o pó de folhas de nim quando misturado à ureia, ou até mesmo aplicado com esterco, como fonte de liberação de N, apresenta alto potencial de reduzir a lixiviação de íon nitrato no solo.

Crusciol et al. (2011), observaram aumentos nos teores de nitrato no solo após a aplicação de ureia. Esses resultados coincidem com o observado na presente pesquisa, onde não observou-se um efeito claro destes tratamentos sobre o processo de nitrificação, pois as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  foram maiores aos 14 e aos 21 dias de incubação nos tratamentos ES e F respectivamente (Figura 2D). Já aos 28 dias de incubação, contudo, houve uma maior geração de  $\text{NO}_3^-$  quando o N foi aplicado sem

qualquer produto (Figura 2D). Aita et al. (2007) também observaram que a nitrificação aumentou com a quantidade de N amoniacal aplicada, decorrente da fonte ureia.

Os teores de nitrogênio no solo em função de adubação e de inibidores concluíram uma diminuição na concentração de nitrato no solo. Moro et al (2013), ao avaliar o teor de nitrogênio inorgânico no solo em função de plantas de cobertura com diferentes fontes e inibidor da nitrificação, concluíram que o uso do inibidor de nitrificação (dicianodiamida- DCD) e o cultivo de *Crotalaria spectabilis* proporcionaram maiores teores de amônio no solo. Já a aplicação da fonte amoniacal sem inibidor de nitrificação em dose total (80 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio), aos 30 DAE, e com inibidor (tanto parcelada quanto em dose única) proporcionaram os maiores teores de nitrato no solo.

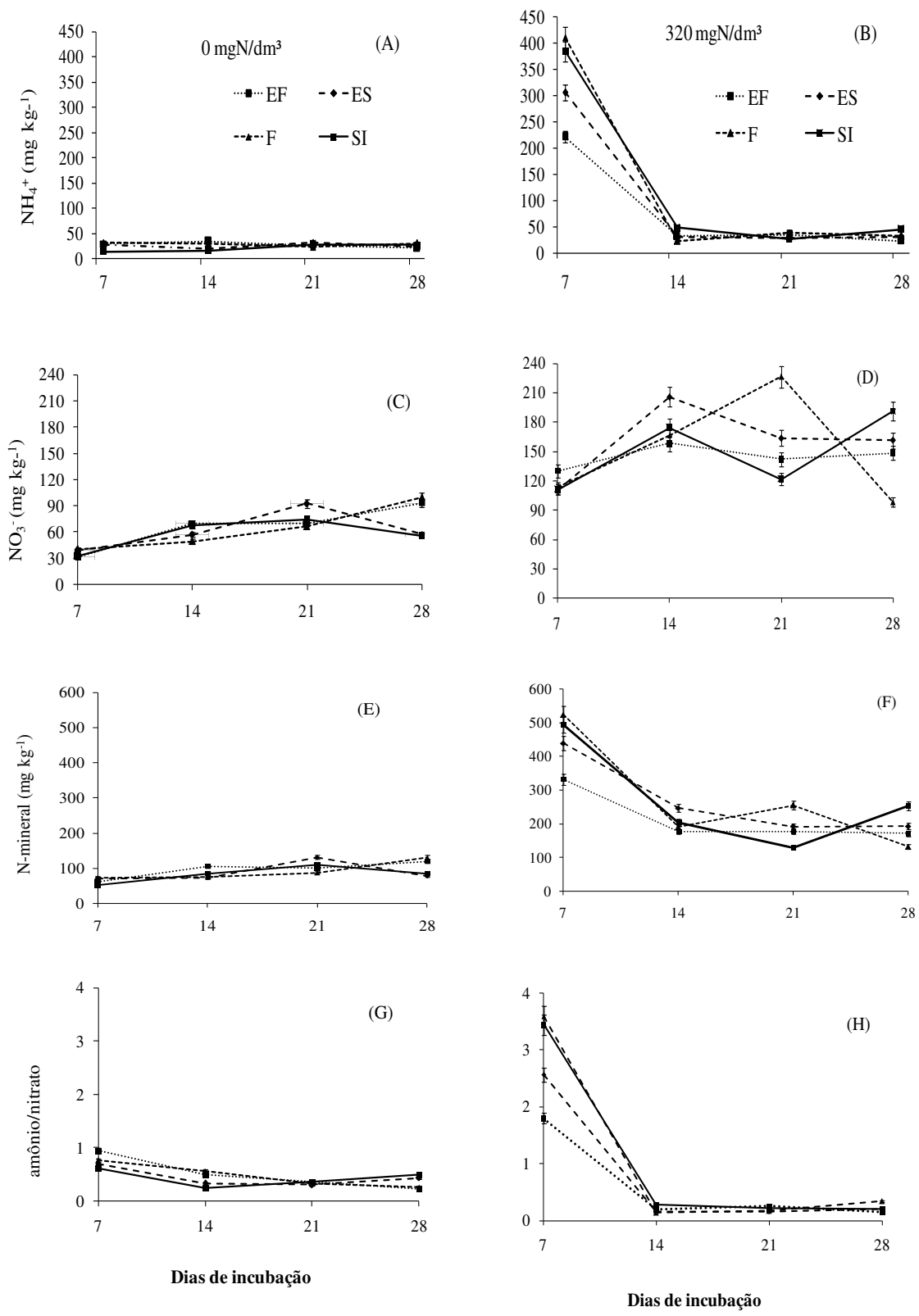


Figura 2-Teores de amônio (A e B), nitrato (C e D), n-mineral (E e F) e relação amônio/nitrato (G e H) no solo em função dos períodos de incubação.



As concentrações de N-mineral, que corresponde à soma das concentrações de amônio + nitrato (Figura 2F) apresentaram um máximo aos 7 dias de incubação. As perdas de N-mineral a partir dos 7 dias de incubação podem estar relacionadas a processos de volatilização e, ou imobilização deste N (CANTARELLA, 2007). Em relação aos tratamentos à base de nim, observou-se que, assim como ocorreu para as concentrações de amônio (Figura 2B), aos 21 dias de incubação, houve maior geração de N-mineral com o tratamento F, enquanto aos 28 dias de incubação, esse efeito foi proporcionado pelo tratamento sem inibição. Quanto à relação amônio/nitrato (Figura 2H), o comportamento das curvas foram semelhantes às obtidas para as concentrações de amônio (Figura 2B), ou seja, foram menores com os tratamentos ES e EF. Com a grande concentração de íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ocorre a lixiviação devido à predominância de cargas negativas na camada superficial do solo e à baixa interação química do  $\text{NO}_3^-$  com os minerais do solo, fazendo com que esse íon seja perdido (MARCELINO 2009).

Tais resultados indicam que houve diminuição da mineralização da ureia nos tratamentos citados, por inibição da atividade da uréase (SIVASAKTHY et al., 2012) e, ou por imobilização do nitrogênio amoniacal gerado na decomposição das folhas secas. Já para o processo de nitrificação, não é possível afirmar com clareza que os produtos à base de nim diminuiram efetivamente a geração de nitrato no solo, já que este efeito foi observado apenas aos 28 dias de incubação, onde a concentração de nitrato caiu para níveis consideráveis.

## **4.2. Experimento II e III: Efeito de doses de nitrogênio e de produtos à base de nim sobre o crescimento e nutrição da berinjela e da rúcula**

### **4.2.1. Berinjela**

Conforme análise de variância, não houve interação significativa entre os fatores doses de nitrogênio e inibidor da nitrificação para as variáveis de crescimento da berinjela, mas apenas efeitos isolados destes fatores. (Apêndice. Tabela 1A)

Como ilustrado na Figura 3, houve resposta positiva a adubação nitrogenada. Observou-se comportamento quadrático para as variáveis de crescimento da berinjela (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D) à exceção da massa seca de raízes (Figura 3E), cujo efeito foi linear decrescente. Indicando, que as plantas não respondem em crescimento na mesma proporção em que a quantidade de N é acumulada, ou seja, a partir de um ponto máximo houve “consumo de luxo” de N, ou efeito de concentração desse nutriente com o incremento das doses de N, fazendo com que a planta não responda positivamente a adubação (MALAVOLTA et al., 1997).

Já é bastante consolidado na literatura o efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o crescimento das plantas, principalmente nas hortaliças. Este efeito deve-se a participação do nitrogênio em importantes biomoléculas como clorofilas, proteínas, aminoácidos, nucleotídeos (NAD, NADP, etc.) (TAIZ; ZEIGER, 2006; EPSTEIN; BLOOM, 2006). Em vários trabalhos, observou-se resposta positiva do fornecimento de N para a berinjela, tanto nas características de crescimento quanto nas de produção (AMINIFARD et al., 2010). Por outro lado, o decréscimo na maior dose é provavelmente devido à toxidez pelo excesso do nutriente, o que ocorre principalmente quando fornecido na forma de ureia (ARAUJO et al., 2012).

Na figura 3A as doses de N foram favoráveis ao crescimento da planta e expansão da área fotossintética. Observou-se ajuste quadrático para essa variável, com valor máximo na dose 169 mg/dm<sup>3</sup> de N, sem observar influência dos extratos aplicados. Também observou-se ajuste quadrático para número de folhas por planta (Figura 3B) influenciados pela aplicação das doses de N, havendo valor máximo da produção na dose 313 mg/dm<sup>3</sup> de N.

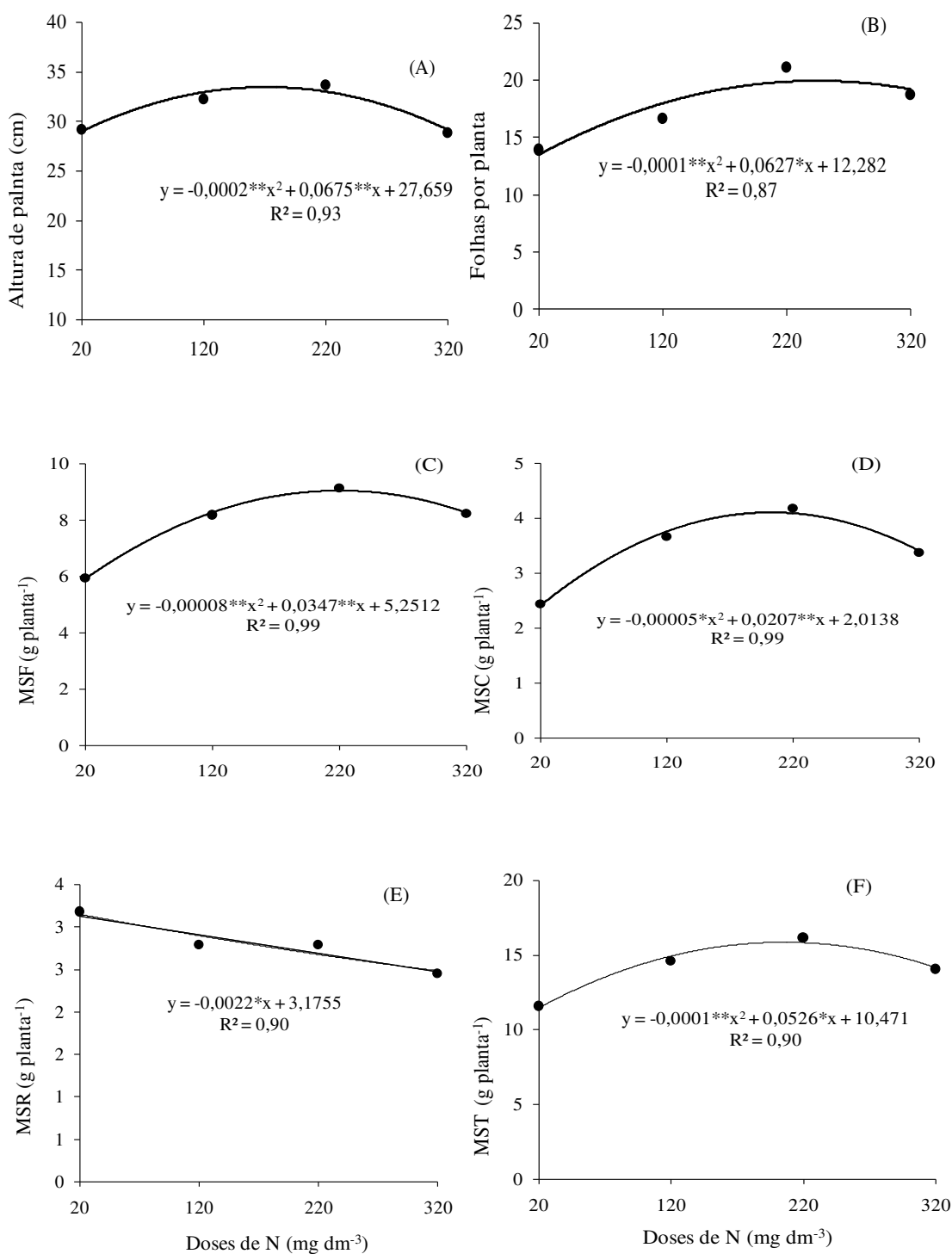


Figura 3-Altura de planta (A), número de folhas por planta (B), massa seca de folhas (MSF) (C), massa seca de caule (MSC) (D), massa seca de raízes (MSR) (E) e massa seca total (MST) (F), em função das doses de N. \*\* e \*: Significativo em nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de t.

Para massa seca de folhas, massa seca de caule e massa seca total houve ajuste de forma quadrática em função das doses de N (Figura 3C, 3D e 3F), com valores máximos estimados nas doses 217, 207 e 263 mg/dm<sup>3</sup> de N respectivamente.

Em outros trabalhos, já foram observados respostas positivas no fornecimento de N em berinjela, como também em outras hortaliças de frutos tanto nas características de crescimento, quanto nas de produção (OLONIRUHA; 2009; AMINIFARD et al., 2010).

Em relação à massa seca de raízes (Figura 3E), observou-se decréscimos em função das doses de N aplicadas. Este fato, provavelmente, ocorreu como uma resposta da planta à deficiência de N nas doses mais baixas deste nutriente no solo como foi observado durante a execução do experimento. Sob deficiência de N, geralmente as plantas aumentam o investimento de fotoassimilados para a produção de raízes, como forma de ampliar o volume de solo a ser explorado e assim aumentar a sua capacidade de absorção de nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2006). Outro fator que pode ter contribuído para este comportamento e a toxidez provocada pelo N nas maiores doses desse nutriente. Portanto estes dois fatores juntos, explicam em parte o efeito decrescente das doses de N sobre o crescimento radicular. Para essa variável o valor máximo deu-se na dose 22 mg/dm<sup>3</sup> de N.

No efeito isolado dos tratamentos de inibição da nitrificação, observou-se que a altura de plantas (Figura 4A), número de folhas (Figura 4B), massa seca de folhas (Figura 4C) e massa seca de raízes (Figura 4E) não foram afetados pelos tratamentos de inibição da nitrificação. Por outro lado, a massa seca do caule (Figura 4D) e massa seca total (Figura 4F) foram superiores quando o nitrogênio foi aplicado associado com extrato de folhas ou quando aplicado juntamente com folhas secas de nim.

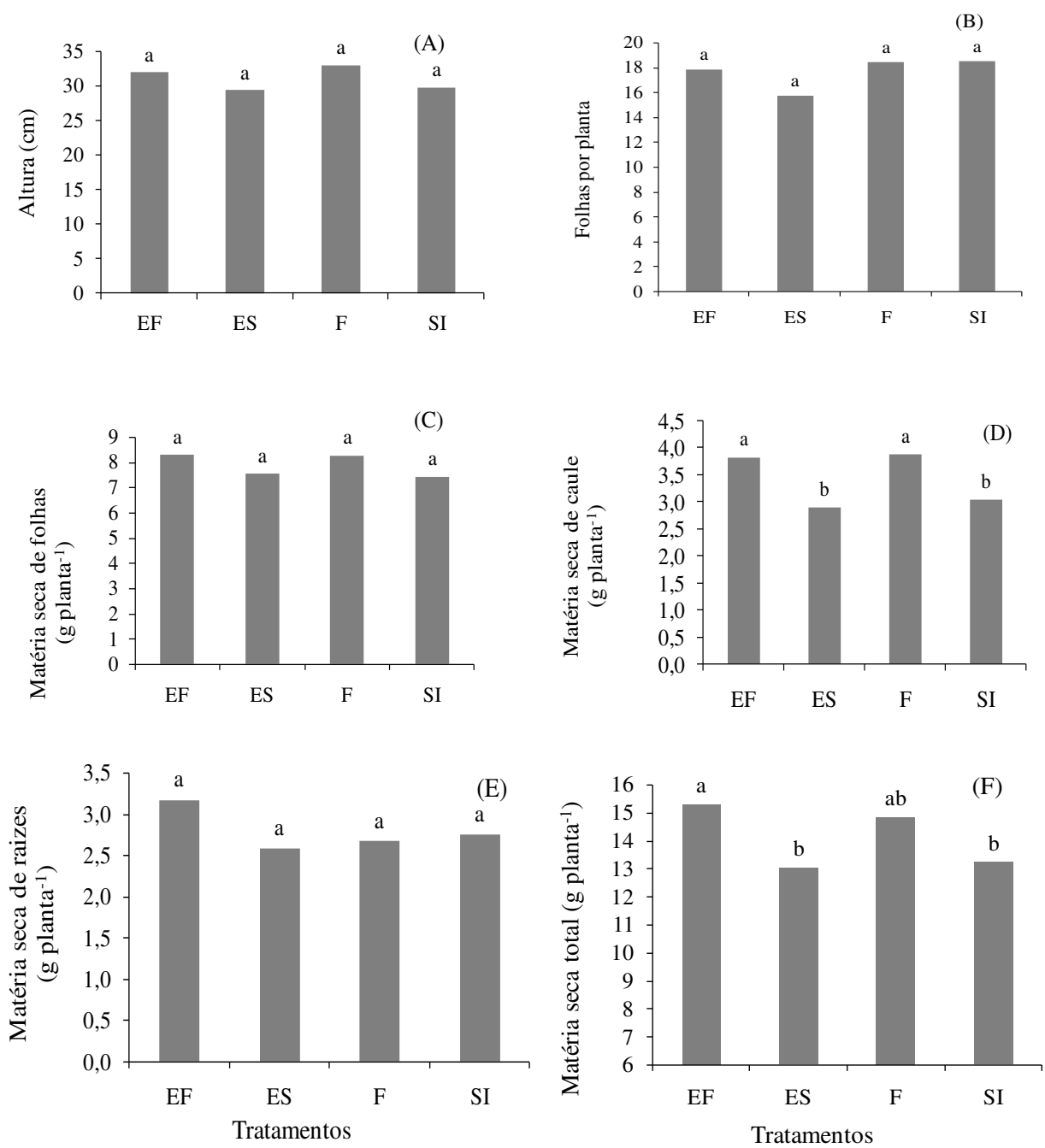


Figura 4- Características de crescimento da berinjela cultivada sob diferentes tratamentos de inibição da nitrificação. EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor. Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%.

Embora em alguns autores já relatem os efeitos positivos de extratos à base de sementes e folhas de nim sobre a diminuição da nitrificação (SANTHI et al., 1986; MOHANTY et al., 2008 SIVASAKHY; GNANAVELRAHAH, 2012), não há relatos sobre os efeitos desses produtos associado ao crescimento de plantas. Por outro lado com os resultados obtidos com o trabalho, nada pode ser afirmado ainda sobre o efeito dos tratamentos a base de nim sobre o processo de nitrificação, bem como para a nutrição das plantas. Também não se pode confirmar o efeito dos tratamentos sobre o processo de geração de amônio e de nitrato no solo a partir da ureia aplicada.

Lana (2008), estudando a produção de milho com aplicação de fertilizantes associado ao inibidor da nitrificação concluiu que o fertilizante com inibidor de nitrificação resultou em um aumento significativo na produtividade de milho, em relação à adubação convencional com uréia. Segundo Zerulla et al. (2001), muitos trabalhos já foram desenvolvidos com fertilizantes nitrogenados com a presença de inibidores da nitrificação e seus impactos na produção e na qualidade de várias culturas agrícolas. O DMPP adicionado aos fertilizantes sulfonitrato de amônio, uréia e sulfato de amônio resultou em ganhos de produtividade em trigo, arroz irrigado e algumas hortaliças folhosas, diferente dos dados obtidos na presente pesquisa, devido à pequena influência dos extratos na inibição da nitrificação, produção e nutrição.

Centurion et al. (2006), cultivando milho em solo de textura argilosa, obtiveram resultados de ganho de produtividade de 11,6%, em dose única de 120 Kg ha<sup>-1</sup> de N do fertilizante sulfonitrato de amônio (SNA) + DMPP, em comparação com a mesma dose de uréia, aplicada

Assim como ocorreu para as variáveis de crescimento da berinjela, também não foi observada interação significativa entre os fatores doses de nitrogênio e inibidores da nitrificação (Tabela 2) para os teores de N-total, nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), acúmulo de N e eficiência de utilização de nitrogênio (EUN). Os teores de N-total, amônio, acúmulo de N-total e EUN não foram influenciados pelos tratamentos à base de nim (Tabela 2). Contudo, observou-se um maior acúmulo de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> para os tratamentos que receberam folhas secas de nim juntamente com a adubação nitrogenada, seguido dos tratamentos EF e SI, que estatisticamente não diferiram entre si. O menor acúmulo de amônio se deu no tratamento ES.

Em relação ao efeito das doses de N sobre as variáveis acima citadas, observou-se comportamento linear para os teores foliares de N-total (Figura 5A) e quadrático para os acúmulos de N na folha (Figura 5B) e amoniacal, com valores máximos estimados nas doses de 283 e 206 mg/dm<sup>3</sup> de N (Figura 5D). O acúmulo de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Figura 5C) não foi afetado pelas doses de N. Esse efeito está relacionado ao fato de que em geral, as plantas não acumulam amônio nos tecidos, o qual é rapidamente assimilado em compostos orgânicos da planta (TAIZ & ZEIGER, 2006). A eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) (Figura 5E) que relaciona à massa seca com o acúmulo total de N pela planta, assim como ocorreu para os teores foliares de amônio, não foi afetada pelas doses de N aplicadas ao solo. Diferentemente do observado no trabalho de Abrantes (2014), observou que o aumento das doses de N proporcionaram decréscimos na EUN na berinjela. Tal fato pode está associado com as doses utilizados pelo autor, as quais variaram de 25 a 500 mg/dm<sup>3</sup> de N. De acordo com o mesmo autor, o decréscimo da EUN com o aumento das doses de N, decorre da elevada produção de massa seca por unidade de N nas doses mais baixas desse nutriente, o que não ocorre nas doses mais elevadas.

Tabela 2-Teores foliares de N-total, amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), acúmulo de N e amônio e eficiência de utilização de N (EUN) na berinjela, em função dos tratamentos de inibição da nitrificação.

Tratamentos	N-total gkg <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mgkg <sup>-1</sup>	Acúmulo de N -----mg planta <sup>-1</sup> -----	Acúmulo de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	EUN g <sup>2</sup> /mgNtot
SI	41,7 a	317,33 a	313,8 a	2,27 ab	0,18 a
U + ES	40,8 a	280,00 a	312,9 a	2,17 b	0,19 a
U + EF	38,4 a	292,83 a	328,6 a	2,48 ab	0,23 a
F	39,5 a	354,67 a	331,2 a	2,96 a	0,21 a

EF= extrato de folhas; ES= estrato de sementes; F= folhas secas; SI= sem inibidor. Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%.

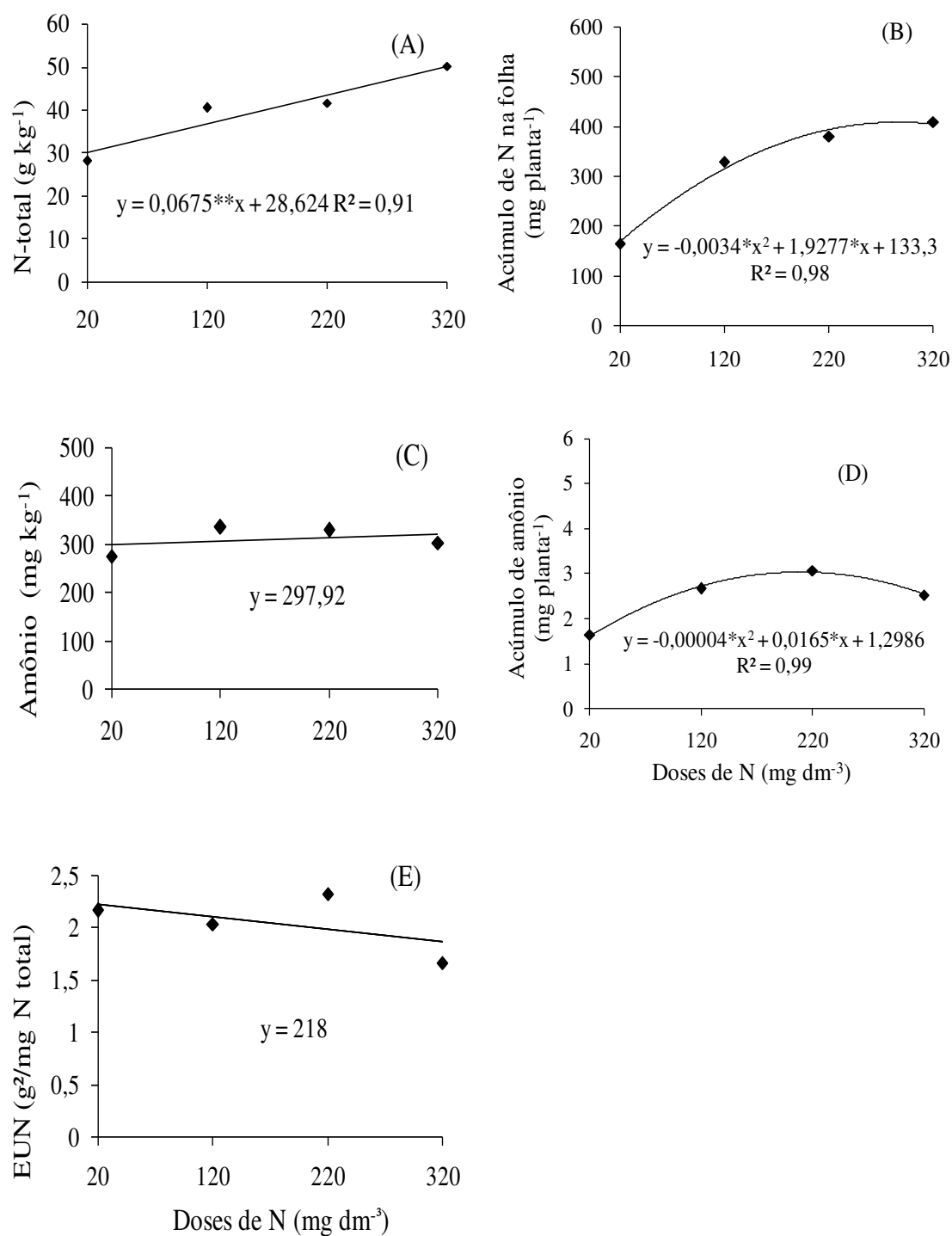


Figura 5. Teores foliares de N-total (A), acúmulo de N-total na folha (B), teor de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (C), acúmulo de amônio (D) e eficiência de utilização de N (EUN) (E) na berinjela, em função das doses de N. \*\* e \*: Significativo em nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de t.



Os teores e o acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foliares da berinjela (Figura 6) foram influenciados pelas doses de N, bem como pelos tratamentos à base de Nim, havendo interação entre os fatores estudados. Em todos os tratamentos referentes aos produtos à base de nim, os teores de  $\text{NO}_3^-$  (Figura A) elevaram-se linearmente com as doses de N aplicadas. Os menores teores de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foliares foram obtidos quando o N foi aplicado sem inibidor da nitrificação, apenas na forma de ureia na forma (SI), enquanto para os demais tratamentos, as respostas foram semelhantes (Figura 6A).

Para o acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  (Figura 6B) observou-se que, quando o N esteve associado aos ES, EF e F, houve maior acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  pela planta, principalmente no tratamento EF nas maiores doses de N, cujo efeito das doses de N foi linear. Por outro lado, quando o N foi fornecido sem o inibidor, apenas na forma de ureia, houve redução no acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foliares, com efeito quadrático para as doses de N aplicadas, havendo desta forma menor teor de  $\text{NO}_3^-$ , estimando uma maior concentração na dose  $188 \text{ mg/dm}^3$  de N.

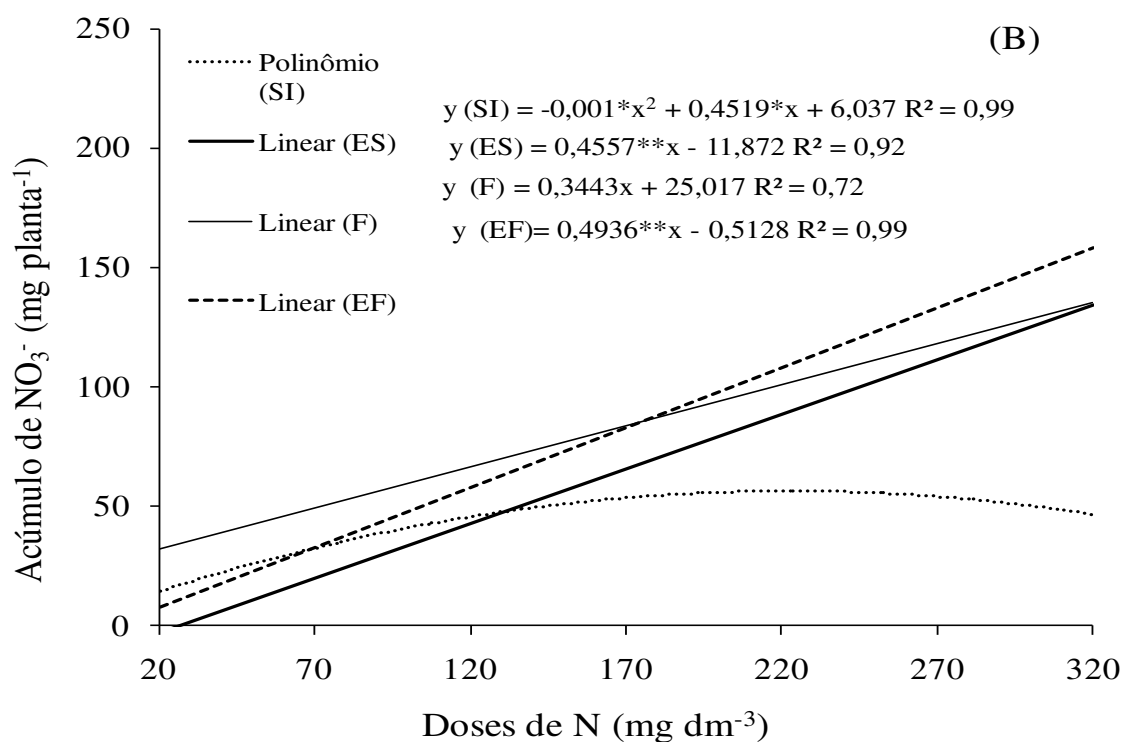
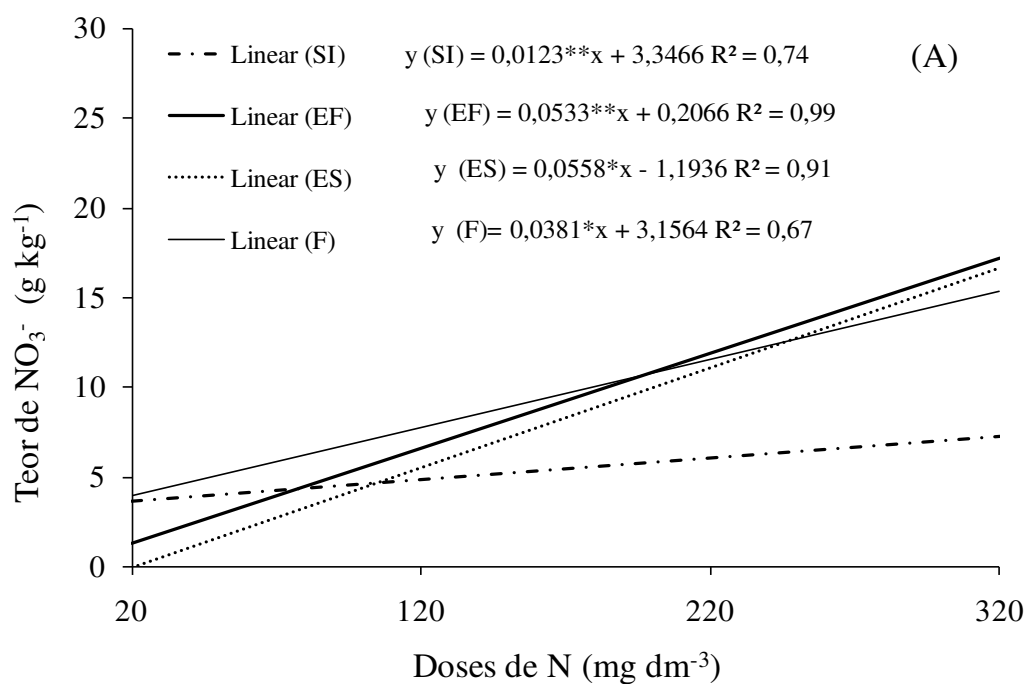


Figura 6- Teores (A) e acúmulo (B) de nitrato em folhas de berinjela em função de doses de nitrogênio e produtos à base de nim. EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor. \* e \*\*: significativo em níveis de 5 e 1%, respectivamente.

Em princípio, estes resultados contradizem as expectativas para os produtos à base de nim, cuja hipótese inicial era que, estes poderiam diminuir ou retardar a geração de  $\text{NO}_3^-$  no solo e assim diminuir a absorção e acumulação deste íon pela planta. Contudo, como foi observado no experimento 1, não ficou claro o papel dos produtos à base de nim sobre o processo de nitrificação, embora, pode-se observar que aos 7 dias de incubação, o EF e ES (Figura 2B) tenham diminuído a hidrólise da ureia, e por fim aos 28 dias de incubação houve menor geração de  $\text{NO}_3^-$  com os tratamentos à base de nim, porém há necessidades de novos experimentos para concretização de possíveis afirmações.

Ressalta-se que nem sempre existe correspondência entre os teores de  $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$  no solo com os respectivos teores nos tecidos foliares. Isso ocorre porque, no caso do  $\text{NH}_4^+$ , sua assimilação ocorre quase que totalmente nas raízes, sendo pouco transportado para os tecidos foliares das plantas (TAIZ E ZEIGER, 2006). Já o  $\text{NO}_3^-$ , por sua vez, pode ser assimilado tanto nas raízes, quanto nas folhas, dependendo da espécie vegetal (ARAUJO et al., 2012). Dessa, forma, o menor acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  quando o N foi fornecido na forma de ureia apenas não indica necessariamente uma menor taxa de nitrificação do N no solo. A ureia foi mais hidrolisada que os outros tratamentos, por esse motivo deve ter ocorrido mais perdas, podendo ser ainda um reflexo da maior perda de N por volatilização, já que alguns produtos à base de nim diminuíram a hidrólise da ureia, ainda que pelo um curto período de tempo, como observado no experimento 1.

#### 4.2.2. Rúcula

Conforme a Tabela 3, não foi observada interação entre os fatores estudados, doses de N e inibidores da nitrificação. No efeito isolado para as doses de N aplicadas também não houve diferença entre si, bem como não observou-se efeito desta variável pelos tratamentos de inibição da nitrificação.

O aumento das doses de N aplicadas ao solo não proporcionou maior número de folhas, mantendo-se estável desde a dose inicial (10 mg dm<sup>-3</sup> de N) até a dose extrema (320 mg dm<sup>-3</sup> de N). Por outro lado Carvalho et al (2012) detiveram a máxima produção de folhas de rúcula entre as doses 139 e 162 mg dm<sup>-3</sup> de N.

Almeida (2007), trabalhando com adubação mineral e orgânica, observou que houve efeito significativo no número de folhas de rúcula em resposta ao incremento das doses de nitrogênio aplicadas.

Tabela 3- Número de folhas por planta em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim (*Azadirachta indica*).

Doses de N (mg dm <sup>-3</sup> )	Tratamentos			
	EF	ES	F	SI
10	10,00 a	12,33 a	10,66 a	11,00 a
120	11,33 a	11,00 a	16,00 a	12,33 a
220	13,66 a	11,33 a	15,33 a	10,33 a
320	20,00 a	10,66 a	14,66 a	13,00 a

EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor. Dentro de cada dose de N, médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%.

O número de folhas está relacionado diretamente com a comercialização da rúcula, uma vez que é oferecida em maços nas gôndolas dos supermercados, portanto o maior número de folhas atrai a atenção do consumidor que considera um produto de qualidade aceitável (CAVALLARO JUNIOR et al. 2009).

Para a variável altura de planta (Tabela 4), houve interação entre os fatores estudados. Apresentando valores superiores nas doses (220 e 320 mg dm<sup>-3</sup> de N) quando o N esteve tanto associados aos produtos a base de nim (F), bem como aplicado sem inibidor apenas ureia (SI). Esse resultado demonstra que a adubação nitrogenada

proporciona aumento nas plantas de rúcula, melhorando assim o aspecto visual da cultura, fator bastante relevante para comercialização. Tais resultados estão de acordo com Cavarianni et al., (2008), avaliando rúcula cultivada em solução nutritiva, em que observaram efeito da adubação nitrogenada na altura de plantas de rúcula, sendo descrita por modelo linear. Outros resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho et al (2012), onde houve um incremento de 22,06% na altura de plantas utilizando a dose de 300 mg dm<sup>-3</sup> de N.

Tabela 4- Altura de planta em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim (*Azadirachta indica*).

Doses de N (mg dm <sup>-3</sup> )	Tratamentos			
	EF	ES	F	SI
10	19,50 a	22,58 a	18,50 a	19,66 a
120	19,50 a	20,16 a	19,25 a	18,83 a
220	21,75 ab	20,83 ab	23,25 a	18,42 b
320	20,00 ab	16,00 b	21,00 a	21,25 a

EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor. Dentro de cada dose de N, médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5%.

A resposta da rúcula às doses de nitrogênio, em termos de produção de massa seca, foi dependente dos tratamentos à base de nim (Figuras 7, 8, 9 e 10). Embora para a maioria dos casos o ajuste tenha sido quadrático, alguns coeficientes não foram significativos.

A produção de massa seca da parte aérea (Figura 7) apresentou ajuste quadrático significativo apenas quando se forneceu nitrogênio associado ao tratamento contendo F. Para esta variável, na dose 220 mg N dm<sup>-3</sup> o maior valor foi obtido com o tratamento F e EF. Nas doses extremas de N, não houve diferença entre os tratamentos à base de nim. Ratke et al. (2011) observaram que a otimização da adubação nitrogenada de rúcula ocorreu por meio de ureia de liberação lenta e com inibidores da urease.

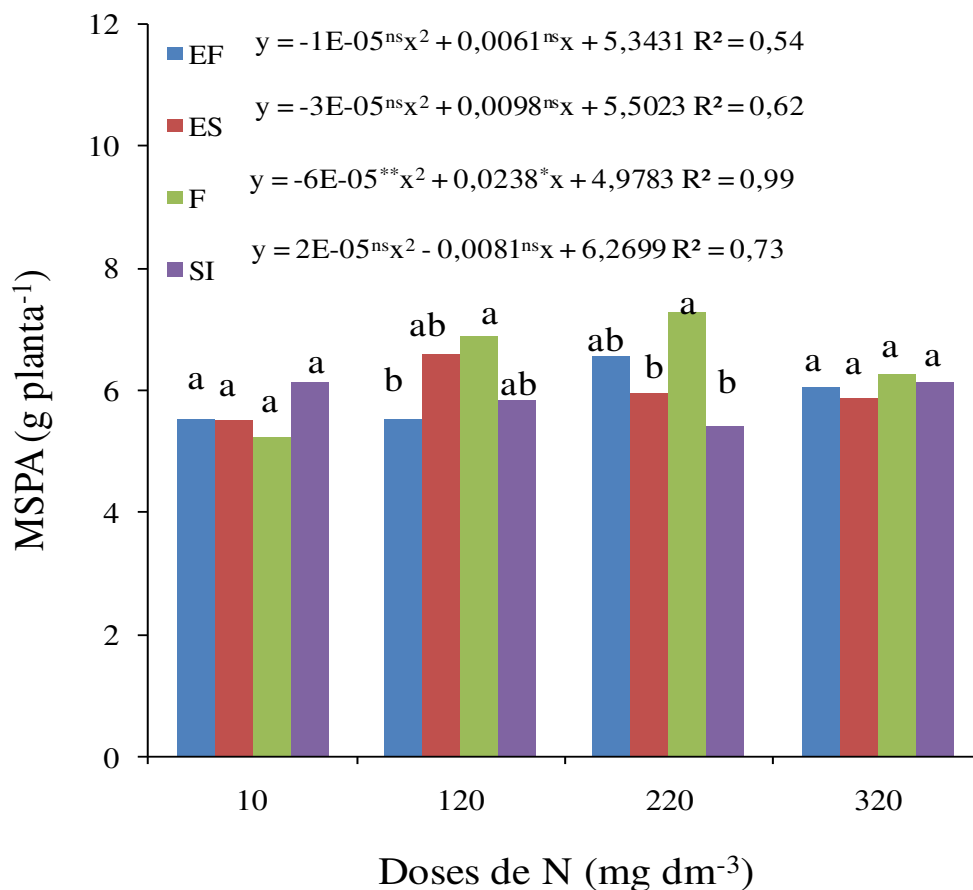


Figura 7-Produção de massa seca da parte aérea. Em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim (*Azadirachta indica*). EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folhas secas; SI= sem inibidor. Dentro de cada dose de N, médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si (Tukey, 5%).

A produção de massa seca de raízes (Figura 8) ajustou-se ao modelo quadrático de regressão apenas nos tratamentos EF e ES. Nas doses extremas de N (10 e 320 mg dm<sup>-3</sup>) a produção de raízes foi superior com o tratamento extrato de folhas (Figura 8). Nas demais doses de N, este tratamento, assim como o tratamento folhas secas na dose 120 mg N dm<sup>-3</sup>, proporcionou os menores valores. Em relação à produção de massa seca total (Figura 9), apenas no tratamento sem aplicação de inibidor (SI), não houve ajuste desta variável em função das doses de N aplicadas. Como observado para a massa seca da parte aérea (Figura 7), na dose 220 mg N dm<sup>-3</sup> o fornecimento de N associado à folhas secas favoreceu o crescimento da rúcula. Na dose 10 mg N dm<sup>-3</sup>, entretanto, neste tratamento houve a imobilização do N aplicado, diminuindo assim a absorção do nutriente para a planta.

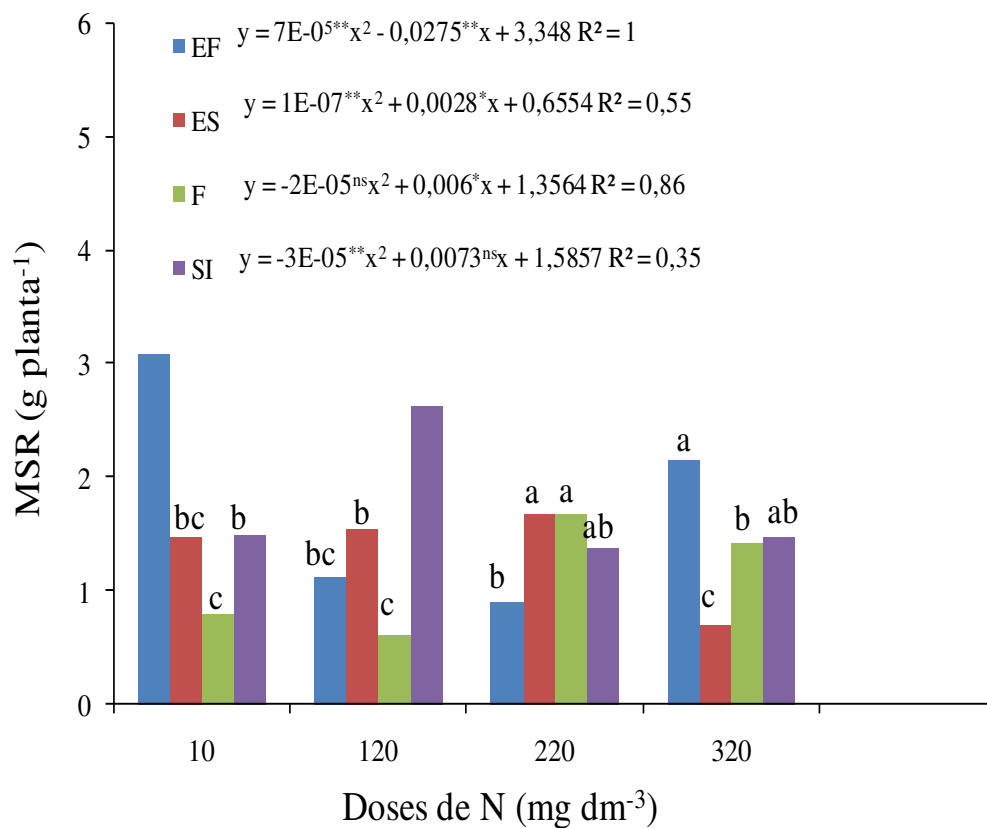


Figura 8- Produção de massa seca das raízes. Em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim (*Azadirachta indica*). EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor. Dentro de cada dose de N, médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si (Tukey, 5%).

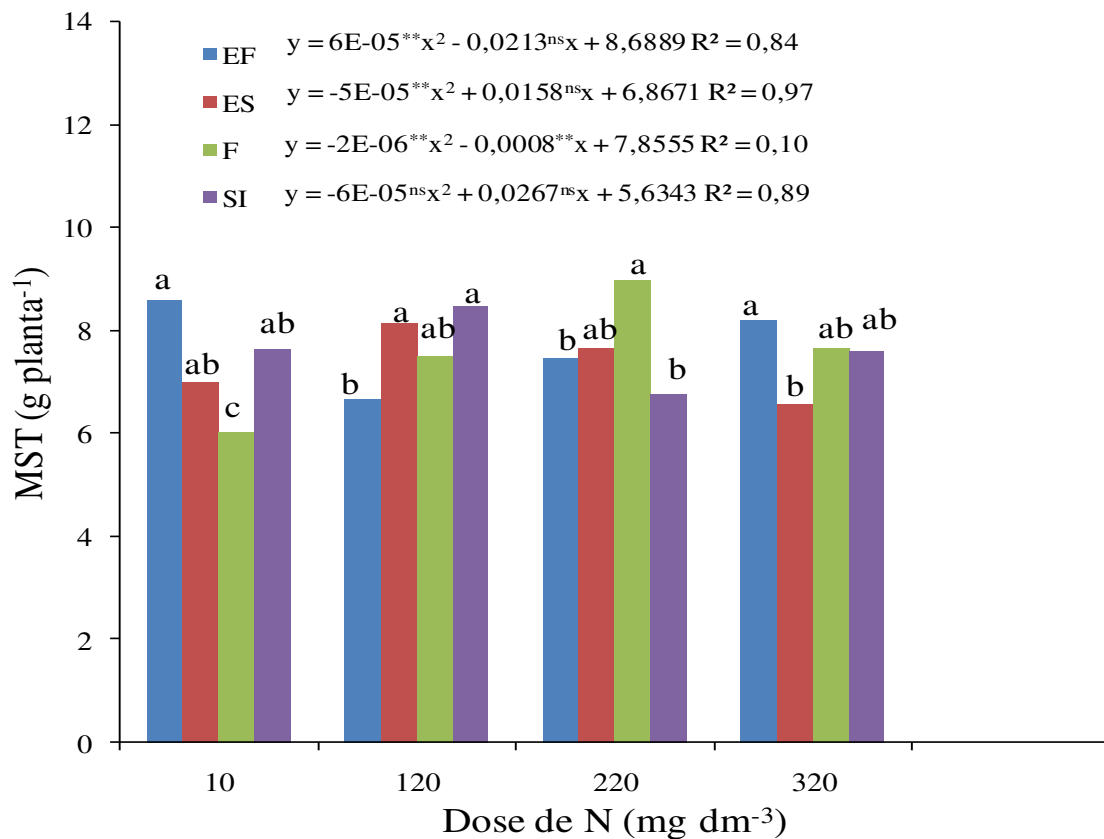


Figura 9- Produção de massa seca total. Em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim (*Azadirachta indica*). EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor. Dentro de cada dose de N, médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si (Tukey, 5%).

A relação raiz/parte aérea (Figura 10) em termos de massa seca apresentou comportamento semelhante à produção de raízes (Figura 8), ou seja, houve ajuste quadrático para regressão apenas nos tratamentos EF e ES. Nas doses extremas de N (10 e 320 mg dm<sup>-3</sup>) a produção de raízes foi superior com o tratamento EF (Figura 8). Estes resultados mostram que, o N-ureia fornecido de forma associada a produtos base de nim afetou o crescimento da rúcula, mas de forma difusa. Sugere-se que estudos posteriores sejam realizados para se definir a melhor proporção extrato/nitrogênio para otimização dos resultados ou definir claramente os efeitos destes produtos sobre o processo de nitrificação e sobre o crescimento das hortaliças.



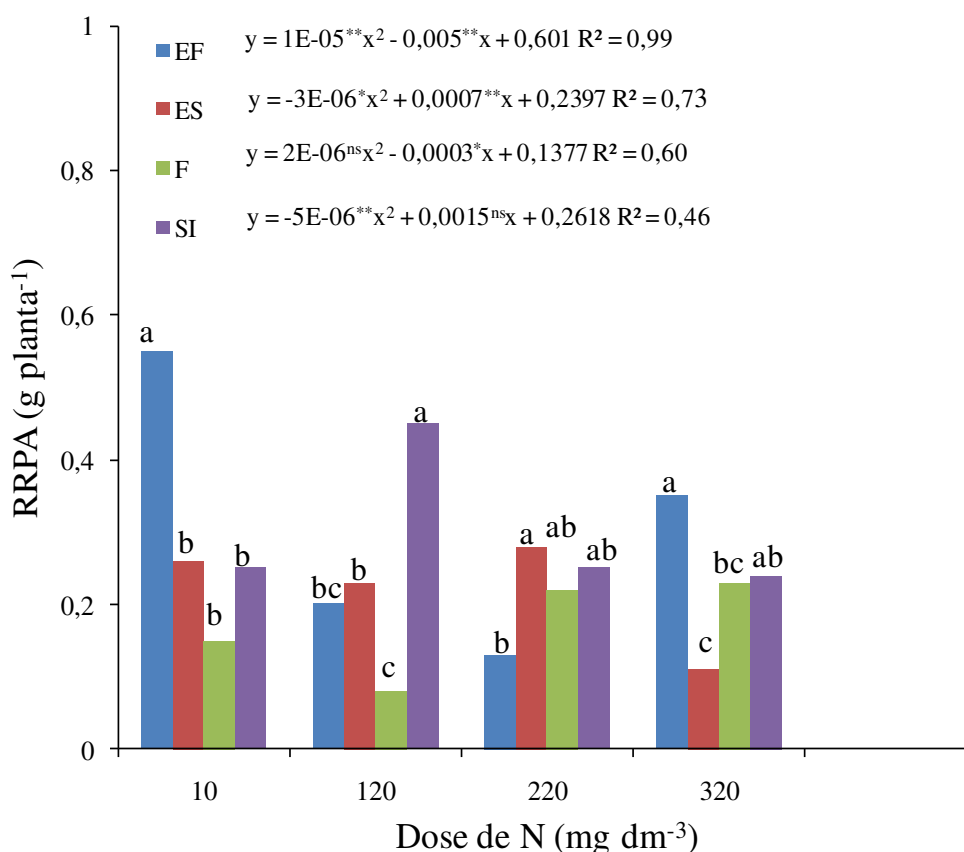


Figura 10- Relação raiz/parte aérea. Em função de doses de nitrogênio e de tratamentos à base de nim (*Azadirachta indica*). EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor. Dentro de cada dose de N, médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si (Tukey, 5%).

As variáveis relativas à nutrição nitrogenada da rúcula (Figura 11) foram influenciadas pelas doses de N e pelos tratamentos relativos aos produtos à base de nim, mas não pela interação. Observou-se que os teores de N total (Figura 11A), acúmulo de N (figura 11B), o teor de amônio (Figura 11C) e o acúmulo de amônio (Figura 11D) aumentaram de forma linear com as doses de N aplicadas. O efeito das doses de N sobre a nutrição nitrogenada da rúcula colabora apenas, em parte, com seu crescimento em função das doses desse nutriente. Em trabalho avaliando o efeito de doses de N sobre a produção de nutrição nitrogenada da rúcula, Steiner et al (2011) obtiveram resultados semelhantes ao deste trabalho. Da mesma forma, em trabalho de campo, Purquerio et al. (2007) observaram elevação dos teores de N com as doses de N aplicadas na cultura da rúcula.

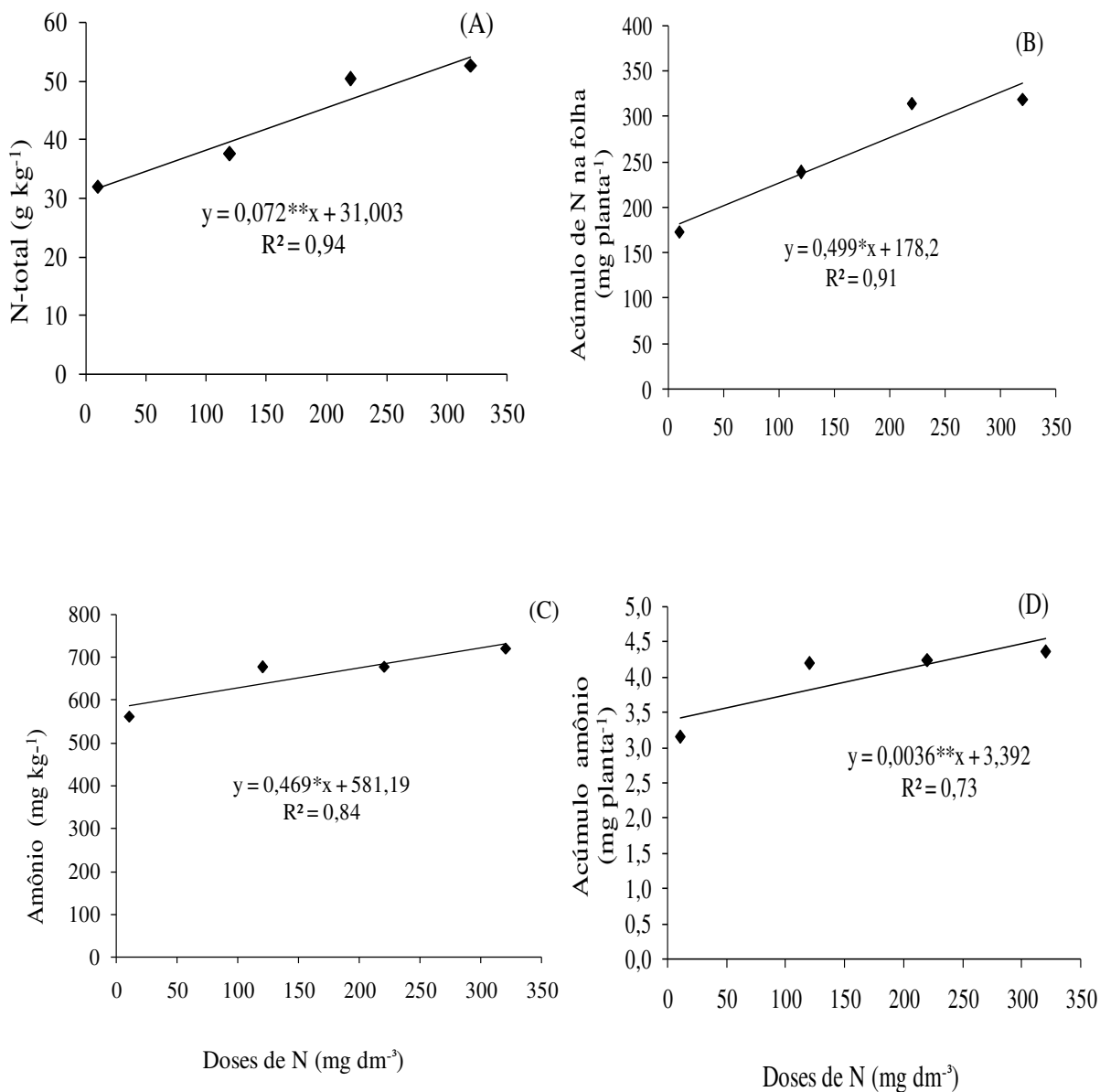


Figura 11-Teores foliares de N-total (A), acúmulo de N-total (B), teor de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)(C) e acúmulo de amônio (D) de amônio em função das doses de N. \*\* e \*: Significativo em nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de t.

No que se refere ao efeito dos produtos à base de ním sobre as variáveis relacionadas à nutrição nitrogenada da rúcula (Tabela 5), observou-se que apenas o acúmulo de N- total foi afetado pelos tratamentos. O maior teor de N total foi proporcionado quando o nitrogênio foi fornecido na forma de F ou com ES. Contudo, esse efeito não se refletiu na produção de massa seca da cultura (Figura 9), nem

necessariamente se relacionou com a recuperação do nitrogênio aplicado. Como já mencionado, o efeito dos produtos à base de nim sobre o processo de nitrificação e suas implicações na nutrição nitrogenada da rúcula não ficou muito claro com os resultados obtidos no presente trabalho. Uma das dificuldades da interpretação desses efeitos é o fato do nitrogênio apresentar uma dinâmica muito complexa, que além do processo de nitrificação, pode sofrer perdas por volatilização ou pode ser adicionado ao solo pelo processo de fixação biológica. Dessa forma, os reais efeitos desses produtos sobre o aproveitamento de N do fertilizante nitrogenado deverá ser acessado apenas com estudos posteriores mais refinados.

Tabela 5- Teores e acúmulos de nitrogênio (N) total e amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) em folhas de rúcula em função dos tratamentos de inibição da nitrificação.

Tratamentos	N-total g kg <sup>-1</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mgkg <sup>-1</sup>	Acúmulo de N -----mg planta <sup>-1</sup> -----	Acúmulo de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
SI	39,2 a	732,7 a	22,72 b	4,30 a
U + ES	45,3 a	707,0 a	27,17 ab	4,27 a
U + EF	41,6 a	583,3 a	24,79 b	3,43 a
U+ F	46,6 a	616,0 a	30,09 a	3,99 a

EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor.

Os teores de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foliares da rúcula foram afetados apenas pelas doses de N (Figura 12A). Observou-se elevação linear desta variável com as doses de N aplicadas, semelhante ao observado para as demais frações de N (Figura 11). Ressalta-se que o efeito linear das doses de N sobre os teores de  $\text{NO}_3^-$  também foi observado para a berinjela (Figura 6A), embora na rúcula, os produtos à base de nim não tenham influenciado esta variável.

Resultado semelhante foi observado em um trabalho avaliando a produção de rúcula e acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  em função da adubação nitrogenada no qual Steiner et al (2011) concluíram que o teor de nitrato na massa seca das folhas de rúcula aumentaram linearmente com as doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 mg dm<sup>-3</sup>), utilizando ureia como fonte de N. O teores encontrados variaram entre 3,72 a 11,72 mg/kg. Demais resultados foram observados por Faquin et al. (1994), Mantovani et al. (2005) e Cavarianni et al. (2008), os quais afirmam que o teor de nitrato na planta depende muito da sua disponibilidade no meio de cultivo.

O acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foliares da rúcula (Figura 12B), assim como ocorreu na berinjela (Figura 6B), foram influenciados pelas doses de N, pelos produtos à base de nim e pela interação entre estes fatores. Os maiores acúmulos de  $\text{NO}_3^-$  foram proporcionados quando o N esteve associado aos produtos à base de nim. O menor acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foliares foi observado quando o N foi fornecido apenas na forma de ureia, sem inibidor SI, indicando, como já discutido para a berinjela, que este tratamento pode ter promovido menor absorção de N, embora outros fatores, como a atividade da redutase do nitrato possam interferir nos teores foliares de  $\text{NO}_3^-$  na planta (ARAÚJO et al., 2012).

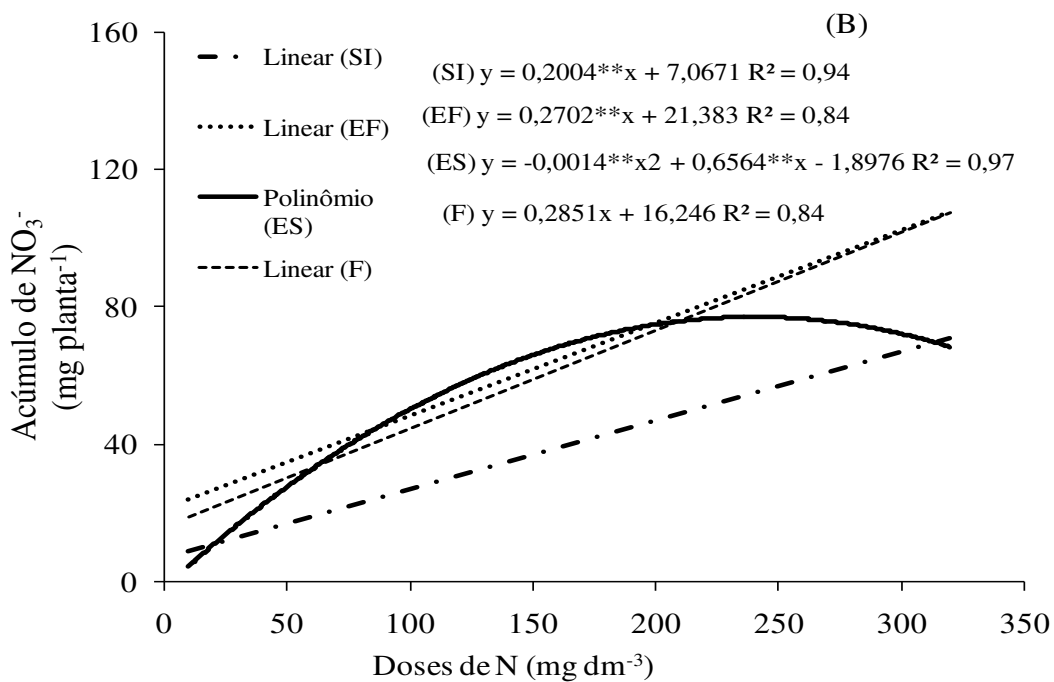
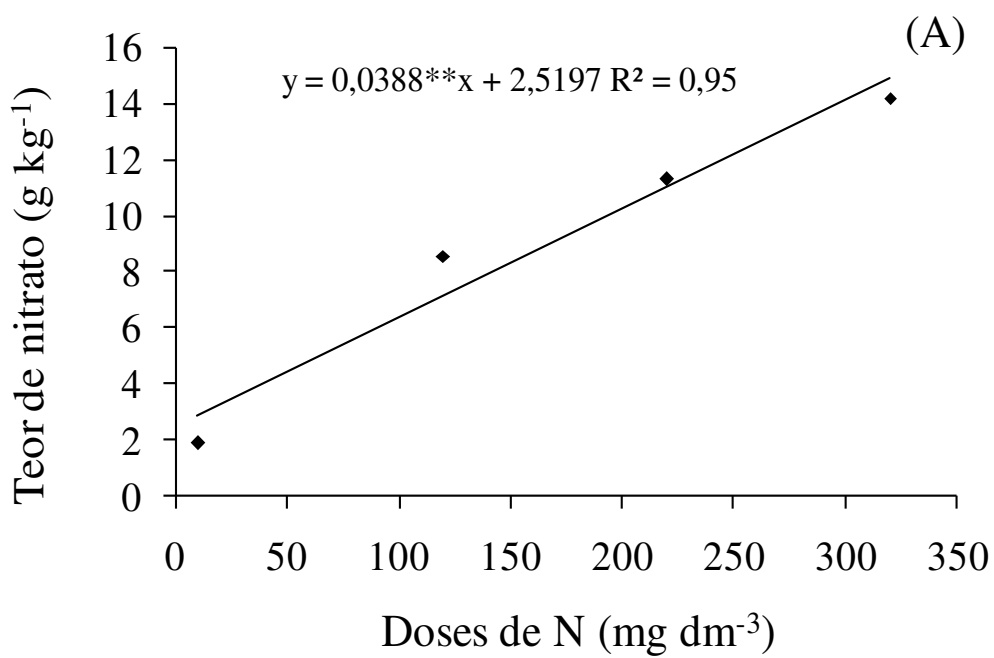


Figura 12- Teor de nitrato (A) e acúmulo de nitrato (B) em folhas de rúcula função das doses de N e produtos à base de nim. EF= extrato de folhas; ES= extrato de sementes; F= folha secas; SI= sem inibidor. \*\*Significativo em nível de 1% pelo teste

Já quando o N esteve associado ao tratamento F, houve o maior acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  foliar registrado, estando associado a uma maior absorção de N liberado pelas próprias folhas secas aplicadas neste tratamento.

Resultado similar foi observado por Steiner et al. (2011), onde a aplicação de ureia proporcionou os menores acúmulos de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foliares da rúcula. Esse fator está ligado ao fornecimento direto de N na forma  $\text{NO}_3^-$ , a capacidade de redução do  $\text{NO}_3^-$  nas raízes torna-se um fator limitante e há um aumento da proporção de N total translocado para a parte aérea na forma de  $\text{NO}_3^-$  (MARSCHNER, 1995).

Um estudo realizado por Porto et al. (2008), avaliando acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  em plantas de alface crespa submetidas a adubação nitrogenada e orgânica, observaram diferença significativa entre as folhas de alfaces convencionais e orgânicas (121,9 e 75,6 mg/g MF) respectivamente.

## 5. CONCLUSÕES

Os produtos à base de nim não inibiram claramente o processo de mineralização ou nitrificação do N-ureia aplicado ao solo, durante o período de incubação.

Apenas aos sete dias de incubação houve uma menor geração de amônio no solo nos tratamentos referentes à extratos de sementes (ES) e/ou extratos de folhas (EF), indicando diminuição na hidrólise da ureia.

As doses de N proporcionaram efeitos relevantes e positivos no crescimento da berinjela e da rúcula, porém quando o N fornecido esteve associado aos produtos à base de nim ocorreu maior acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nos teores foliares.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, E.G. **Influência do silício na nutrição nitrogenada da berinjela**. 2014. 62f. Dissertação - (Mestrado em Horticultura Tropical), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal (PB).

AGUIAR JUNIOR, R. A. et al. Interferência de doses de nitrogênio na produção de área foliar, biomassa fresca e seca de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v. 28, 2010.

AITA, C. et al. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 1, p. 95-102, 2007.

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, Ê. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; NUNES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.7, p.686–694, 2011.

ALMEIDA, M. M.; LIXA, A. T.; SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H.; DE-POLLI, H. (2007). Avaliação da eficiência de fontes de nitrogênio para produção orgânica de rúcula: fertilizantes de leguminosas versus cama de aviário industrial. **Cadernos de Agroecologia**, v. 2, n.2, 2009.

AMINIFARD, M. H. et al. Responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) to different rates of nitrogen under field conditions. **Journal of Central European Agriculture**. 11:453-458. 2010.

ARAÚJO, J.L. et al. Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de nitrato e de amônio. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.36, p.921-930. 2012.



BARROS Júnior, A.P. et al. Teor de nitrato em consórcio de alface e rúcula em diferentes adubações nitrogenadas. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2. p.1013-1018, 2009.

BARKER; A.V.; BRYSON, G.M. Nitrogen. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p.21-50.

CAMARGO, F.A.O.; Silva, L.S.; GIANELLO, C.; TEDESCO, J. M. 2008. Nitrogênio orgânico do solo. In: Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; Camargo, F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da massa orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed., Metrópole, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2008. p. 87-99.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). Fertilidade do solo. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 375-470, 2007.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71-80, 1975.

CARVALHO, K, S. et al., Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p. 1545-1553, 2012.

CAVALLARO JÚNIOR, M. L.; TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; KUHN NETO, J.; TIVELLI, S. W. (2009). Rocket salad and tomato yield correlated to organic and mineral fertilization N and P. **Bragantia**, v. 68, n. 2, 347-356, 2009.

CAVARIANNI, R.L. et al. Concentrações de nitrogênio na solução nutritiva e horários de colheita no teor de nitrato em rúcula. **Revista Caatinga**, v.21, n.1, p.44-49, 2008.

CENTURION, C. A et al. Eficiência do nitrogênio de disponibilidade controlada associado com micronutrientes na cultura do milho. In REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **A busca das raízes: anais**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).

COSTA, C.M.F., SEABRA JUNIOR, S., ARRUDA, G.R., SOUZA, S.B.S. 2011. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. Semina: **Ciências Agrárias** 32:93-102.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Nitrate role in basic cation leaching under no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1975-1984, 2011.

DERIVI, S.C.N. et al. Efeito hipoglicêmico das rações à base de berinjela em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** ., v.22, p.164-169, 2002.

DIAS, M. J. T. et al. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Ciências Agrárias**, v. 33, p. 2837-2848, 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. ver. Atual. Rio de Janeiro.1997, 212 p.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Berinjela (*Solanum melongena*L.)**. 2013. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela\\_Solanum\\_melongena\\_L/](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela_Solanum_melongena_L/)>. Acesso em: 17 novembro de 2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 169 p.

ERREBHI, M. et al. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.90, n.1, p.10-15, 1998.

FAO. FAOSTAT: Database. 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 27 dezembro 2015.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.

FAQUIN, V. et al. Marques, E. S.; Santos, S. H.; Duboc, E. Crescimento e concentração de nitrato de alface, sob influência da relação  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  e cloro na solução nutritiva e horário de colheita. In: **Reunião Brasileira de Fertilidade e Nutrição de Plantas**, 21., 1994, Petrolina. **Anais**. Petrolina: SBCS, 1994. p.152-153.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.115-152, 2006.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FIRESTONE, M. K. Biological denitrification. In: STEVENSON, F. J.; BREMNER, J. M.; HAUCK, R. D.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 1-42.

FRYE, W.W. Nitrificationinhibition for nitrogenefficiencyandenvironmentprotection. In: **international workshop on enhanced-efficiency fertilizers**, Frankfurt, 2005.

GHOSH, S.; PALIYATH, P.; PEIRSON, D.; FLETCHER, R.A. Nitrogen mobilization during senescence. In: SRISVASTANA, H.S.; SINGH, R.P. (Eds.). **Nitrogen in higher plants**. New Delhi, Associated Publishing Company, 1995. P.337-365.

GONÇALVES, M.C.R. et al. Modesto efeito hipolipemiante do extrato seco de berinjela (*Solanum melongena* L.) em mulheres com dislipidemias, sob controle nutricional. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, p.656-663. 2006.

GRANGEIRO, L. C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n. 1, p.11-16, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro, 2006. 777p.

HEDGE, D.M. **Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops**. Disponível em: <<http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110801133428>>. Acesso em: 22 Dezembro de 2015.

JOSEPH, P.A.; PRASAD, R. The effect of dicyandiamide and neem cake on the nitrification of urea-derived ammonium under field conditions. **Biology and Fertility of Soils** v.15, p.149-152, 1993.

JORGE, P. A. R. et al. Efeito da berinjela sobre os lípides plasmáticos, a peroxidação lipídica e a reversão da disfunção endotelial na hipercolesterolemia experimental. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 70, n. 02, p. 87-91, 1998.

LANA, R.M.Q. et al. Aplicação de fertilizantes com inibidor de nitrificação e micronutrientes, na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, n.2, p. 141-151, 2008.

LINHARES, P.C.F.; et al. Adição de jitirana ao solo no desempenho de rúcula cv. folha larga. **Caatinga**, v. 21, n. 05, p. 89-94, 2008.

MACHADO, L.O. **Adubação nitrogenada**. 2015. Disponível em: <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Monitor%20Leonardo%20%20Apostila%20Adub.%20Nitrogenada%2002.pdf> .Acesso em: 4 de fevereiro de 2016.

MAITHANI, A. et al. *Azadirachta indica* (neem) leaf: A review. **Journal of Pharmacy Research**, v.4, p.1824-1827, 2011.

MAITHANI, A.; PARCHA, V.; PANT, G.; DHULIA, I.; KUMAR, D. *Azadirachta indica* (neem) leaf: A review. **Journal of Pharmacy Research**, v.4, p.1824-1827, 2011.

MALAVOLTA E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MAJUMDAR, D. Inexploited botanical, nitrification inhibitors prepared from karanja plant. **Natural Product Radiance**, v. 7, p.58-67, 2008.

MAJUMDAR, D. et al. Nitrous oxide emission from a sandy loam Inceptisol under irrigated wheat in India as influenced by different nitrification inhibitors. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 91, p.283–293, 2002.

MANTOVANI, J.R. et al. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.758-762, 2005.

MARCELINO, R. **Inibidor de nitrificação em fertilizantes nitrogenados e rendimento de milho**. 2009. 81f. Dissertação- (Mestrado em Agricultura tropical e Subtropical), Instituto Agronômico de Campinas, Campinas (SP).

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

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ed. Australia: Academic Press, 2012. 651p.

McGEOUGH, K.L. et al. The effect of cattle slurry in combination with nitrate and the nitrification inhibitor dicyandiamide on in situ nitrous oxide and dinitrogen emissions. **Biogeosciences**, v.9, p.4909–4919, 2012.

MEDEIROS, M. C. L.; MEDEIROS, D. C.; LIBERALINO FILHO, J. Adubação foliar na cultura da rúcula em diferentes substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 02, p. 158-161, 2007.

MEDEIROS, A.S. **Cultivo de berinjela sob irrigação com água residuária, doses de nitrogênio e fósforo**. 2015. 64f. Dissertação - (Mestrado em Horticultura Tropical), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal (PB).

MOHANTY, S. et al. Neem (*Azadirachta indica*) seed kernel powder retards urease and nitrification activities in different soils at contrasting moisture and temperature regimes, **Bioresource Technol**, v.99, p.894–899, 2008.

MORADITOAEE, M. et al. Effects of vermicompost application and nitrogen fertilizer rates on fruit yield and several attributes of eggplant (*Solanum melongena* L.) in Iran. **World Applied Sciences Journal**, v.15, n.2, p.174-178. 2011.

MORALES, M.; JANIC, J. **Arugula**: a promising specialty leaf vegetable. Reprinted from: Trends in new crops and new uses. 2002.

MOREIRA, F. M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bictecnologia do solo**. 2. Ed. Lavras: ED. UFLA, 2006. 729 p.

MORO, E. et al. Teor de nitrogênio inorgânico no solo em função de plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e inibidor de nitrificação. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 424-435, out./dez. 2013.

NORTON, J.M. Nitrification. In: SUMNER, M.E., ed. *Handbook of soil science*. Boca Raton, CRC Press, 2000. p.C160-C181.

NOVAIS et al. editores. **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, F.A. et al. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.37-45. 2011.

OLONIRUHA, J.A. Effect of graded levels of nitrogen on growth and yield of eggplant in Kabba, Southern Guinea Savana ecological zone of Nigeria. **African Crop Science Conference Proceedings**, v.9, p.241-242. 2009.

PAIVA, K. F. **Extratos de nim (*azadirachta indica*) associados à doses de nitrogênio sobre o crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela**. Monografia. Universidade Federal de Campina Grande. Pombal (PB), 2016.

PORTO, M.L. et al. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.227-230, 2008.

PURQUERIO, L. F.V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu, 2005.

PURQUERIO, L.F.V. et al. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.464-470, 2007.

RATKE, R. F. et al. Production and levels of foliar nitrogen in rocket salad fertilized with controlled-release nitrogen fertilizers and urea. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 29, n. 2, p. 246-249, 2011.

SALA FC; ROSSI F; FABRI EG; RONDINO E; MINAMI K; COSTA CP. 2004. Caracterização varietal de rúcula. In: *Anais do 44º CBO. Horticultura. Brasileira*, Campo Grande, 22.

SANTHI, S.R. et al. Influence of neem leaf on nitrification in low land rice soil. **Plant Soil**, 93, p.133- 135., 1986.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimations and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

STEINER F. et al. Produção de rúcula e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.2, p. 230-235, 2011.

SILVA, J.K.M.; et al. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Caatinga**, v. 21, n. 05, p. 30- 35, 2008.

SIVASAKTHY, K.; GNANAVELRAJAH, N. Organic Nitrogen Sources and Nitrification Inhibitors on Leaching and Phyto-Accumulation of Nitrate and Yield of *Amaranthus polygamous*. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 8 p. 208-211, 2012.

SOUZA S. R.; FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006. 722p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, Boletim Técnico n. 5, 1985, 95 p.



TRANI, P. E.; Tiveli, S. W.; CARRIJO, O. A. Fertirrigação em hortaliças. 2.ed. **rev. atual. Campinas:** Instituto Agrônômico, 2011. 51p. Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196.

TRENKEL, M.E. Improving fertilizer use efficiency: Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. **Paris: International Fertilizer Industry Association**, 1997. 151p.

TRENKEL, M.E. Slow-and controlled-release and stabilized fertilizers: na option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. **Paris: International Fertilizer Industry Association**, 2010. 160 p.

WHITE, R.E. Leaching. In: WILSON, J. R. Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems. Wallingford : C.A.B. International, 1987. p.193-211.

XU, C., WU, L.H.; JU, X.T.; F.S. ZHANG. Role of nitrification inhibitor DMPP (3, 4-dimethylpyrazole phosphate) in  $\text{NO}_3^-$ -N accumulation in green grove (*Brassicacampestris* L. ssp. *chinensis*) and vegetable. **Journal Environmental**, v. 17, p. 81-83, 2005.

ZERULLA, W. et al. DMPP a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. **Biology and Fertility of Soils, Heidelberg**, v. 34, n. 2, p. 79-84, 2001.

## APÊNDICE

**Tabela 1A.** Resumo da análise de variância para valores da relação parte aérea/raiz (RPAR), Altura de planta e número de folhas de plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	Quadrados médios			
	GL	RPAR	Altura	Folhas
N	3	0,08**	71,23 <sup>ns</sup>	113,33**
TI	3	0,008 <sup>ns</sup>	39,34 <sup>ns</sup>	19,66 <sup>ns</sup>
N x TI	9	0,007 <sup>ns</sup>	26,91 <sup>ns</sup>	21,09 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0,007	28,31	15,29
CV(%)		33,26	17,15	22,19

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

**Tabela 2A.** Resumo da análise de variância para valores da massa seca das folhas (MSF), do caule (MSC), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	Quadrados médios				
	GL	MSF	MSC	MSR	MST
N	3	22,35**	6,43**	1,07 <sup>ns</sup>	43,28**
TI	3	2,59 <sup>ns</sup>	3,18**	0,82 <sup>ns</sup>	15,58 <sup>ns</sup>
N x TI	9	1,08 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	5,29 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	1,55	0,79	1,03	6,67
CV(%)		15,79	26,09	36,21	18,32

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

**Tabela 3A.** Resumo da análise de variância para valores de N-total, acúmulo de nitrogênio nas folhas, eficiência na utilização de nitrogênio (EUM), teor de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e o acúmulo de amônio nas folhas em plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	Quadrados médios					
	GL	N-total	Ac de N	EUN	Teor NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ac NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
N	3	9,96**	1424,65**	0,96**	9292,31 <sup>ns</sup>	4,45**
TI	3	0,25 <sup>ns</sup>	11,11 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	12950,97 <sup>ns</sup>	1,46**
N x TI	9	0,43 <sup>ns</sup>	60,14 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	12718,68 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0,28	37,49	0,26	6823,25	0,49
CV(%)		13,13	19,04	24,98	26,54	28,48

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

**Tabela 4A.** Resumo da análise de variância para valores de teor e acúmulo de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		Teor $\text{NO}_3^-$	Ac $\text{NO}_3^-$
N	3	338,84**	25679,57**
TI	3	43,32**	4836,51**
N x TI	9	30,97**	2453,26**
Resíduo	32	4,19	324,22
CV(%)		25,12	26,41

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

**Tabela 5A.** Resumo da análise de variância para valores de número de folhas por planta e altura de planta (cm) da rúcula em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		Número de Folhas	Altura de Planta
N	3	18,41 <sup>ns</sup>	6,61 <sup>ns</sup>
TI	3	20,95 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>
N x TI	9	16,52 <sup>ns</sup>	12,74**
Resíduo	32	18,08	3,71
CV(%)		33,82	9,63

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

**Tabela 6A.** Resumo da análise de variância para valores da massa seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR), total (MST) e razão raiz/ parte aérea (RRPA) de plantas de rúcula em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		MSPA	MSR	MST	RRPA
N	3	1,18 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,01**
TI	3	0,74 <sup>ns</sup>	1,27**	0,34 <sup>ns</sup>	0,05**
N x TI	9	0,97**	1,73**	2,98**	0,05**
Resíduo	32	0,30	0,10	0,40	0,00
CV(%)		9,13	20,60	8,41	21,88

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

**Tabela 7A.** Resumo da análise de variância para valores de N-total, acúmulo de nitrogênio nas folhas, teor de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e o acúmulo de amônio nas folhas de rúcula em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		N-total	Ac de N	Teor NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ac NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
N	3	11,94**	575,80**	55593,22 <sup>ns</sup>	3,77**
TI	3	1,39**	120,67**	61211,88 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>
N x TI	9	3,35**	118,92**	27195,0 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0,47	20,53	27113,33	1,07
CV(%)		15,96	17,30	24,96	25,92

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

**Tabela 8A.** Resumo da análise de variância para valores de teor e acúmulo de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em plantas de rúcula em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		Teor NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ac NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
N	3	333,80**	13047,94**
TI	3	32,62 <sup>ns</sup>	1728,57**
N x TI	9	14,89 <sup>ns</sup>	712,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	7,73	321,62
CV(%)		30,81	32,18

\*\* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.