UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA CONSÓRCIO DE ALFACE E RÚCULA

Eliza Barboza

Engenheira Agrônoma

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA CONSÓRCIO DE ALFACE E RÚCULA

Eliza Barboza

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

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

2014

Barboza, Eliza
B238a Adubação nitrogenada para consórcio de alface e rúcula /Eliza Barboza. – – Jaboticabal, 2014
iii, 32 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho
Banca examinadora: Arthur Bernardes Cecílio Filho, Mara Cristina Pessoa da Cruz, Roberto Botelho Ferraz Branco
Bibliografia

1. Adubação. 2. Nitrogênio. 3. Alface. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.84:635.52

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA CONSÓRCIO DE ALFACE E RÚCULA

AUTORA: ELIZA BARBOZA
ORIENTADOR: Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

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

Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ROBERTO BOTELHO FERRAZ BRANCO
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Ribeirão Preto/SP

Data da realização: 25 de julho de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Eliza Barboza – Nascida no dia 22 de outubro de 1986, na cidade de Anápolis, Estado de Goiás. Filha de Marcolino José Barboza Neto e Blanca Rosa Benitez, irmã de Eliana Barbosa e Elaina Barboza. Ingressou no curso de Engenharia Agronômica em agosto de 2006, na Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Câmpus Rolim de Moura, obtendo o título de Engenheira Agrônoma em janeiro de 2012. Em agosto do mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Câmpus Jaboticabal, sob a orientação do Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho.

A minha família, mãe Rosa, pai Marcolino (in memória), irmãs Eliana e Elaina, sobrinhos Yasminn, Davi e Lorena, por todos os momentos da minha vida, mesmo longe estarem sempre perto de alguma forma, com eles sou mais forte.

Ao meu namorado, Ederlon Flávio por tudo que temos vivenciado juntos, pelo apoio, carinho, amizade e compromisso.

Dedico

“Ando devagar
Porque já tive pressa
E levo esse sorriso
Porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte,
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco sei,
Ou nada sei...
É preciso amor
Pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir...”
(Almir Sater, Renato Teixeira)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela fé, e por sempre me iluminar e mostrar o melhor caminho a seguir.

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, *Campus* de Jaboticabal, por me conceder a oportunidade de fazer o curso.

Ao Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, pelos ensinamentos repassados, paciência, atenção, amizade, incentivo e orientação para realizar este trabalho.

À minha família, que está sempre comigo em tudo que faço, por todo incentivo e encorajamento que me proporcionam, me ajudando a chegar até aqui.

A Ederlon Flávio por todo carinho, incentivo, companheirismo, compreensão, e por estar sempre ao meu lado, me dando força para superar as dificuldades.

Aos amigos Tatiana Pagan, Claúdia Amaral, Natália Barreto, Rodrigo Nowaki, Iolanda Reis, Saulo Strazeio, Jordana Flores e Juciléia Irian, pessoas muito queridas e que sempre me ajudaram, apoiaram, incentivaram, em momentos bons e ruins. È muito bom contar com a amizade de todos.

Aos funcionários do Setor de Olericultura e Plantas Aromático – Medicinais, Inauro, Reinaldo e Cláudio, pela ajuda na execução deste experimento.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa e ao colega Juan Waldir Mendoza Cortez, pelo auxílio com as análises estatísticas.

Muito obrigada a todos que contribuíram de alguma forma para que tudo isso fosse possível.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....ii
RESUMO iii
ABSTRACT.....iv
1 INTRODUÇÃO 1
2 REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1 Cultivo de plantas em sistema de consórcio.....3
2.2 Consórcio de alface e rúcula.....3
2.3 Adubação de consórcio.....5
3 MATERIAL E MÉTODOS. 7
3.1 Características avaliadas 8
3.1.1 Alface.....8
3.1.2 Rúcula 9
3.1.3 Eficiência de Uso da Área (EUA).....10
3.2 Análises dos dados 100
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....11
5 CONCLUSÕES.....24
6 REFERÊNCIAS 25

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Unidade experimental do consórcio de alface (*) e rúcula (o), e área útil (- -) para coleta de dados.....8

FIGURA 2. Teor foliar de nitrogênio das alfaces ‘Amanda’ (a) e ‘Lucy Brown’ (b), e da rúcula ‘Folha Larga’ consorciada com ‘Amanda’ (c) e ‘Lucy Brown’ (d), em função da dose de nitrogênio (N).....11

FIGURA 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) das alfaces ‘Amanda’ (a) e ‘Lucy Brown’ (b), e da rúcula ‘Folha Larga’ em consórcio com ‘Amanda’ (c) e ‘Lucy Brown’ (d), em função da dose de nitrogênio (N).....14

FIGURA 4. Altura de rúcula consorciada com ‘Amanda’ (a) e ‘Lucy Brown’ (b), em função da dose de nitrogênio (N).....15

FIGURA 5. Produtividade da alface ‘Amanda’ (a) e da rúcula ‘Folha Larga’ em consórcio (b) e eficiência de uso da área (c), em função da dose de nitrogênio (N).....17

FIGURA 6. Produtividade da cultivar de alface ‘Lucy Brown’ (a), rúcula em consórcio com ‘Lucy Brown’ (b) e eficiência de uso da área (c) em função da dose de nitrogênio (N).....20

FIGURA 7. Acúmulo de N pela alface ‘Amanda’ (a) e ‘Lucy Brown’ (b), e pela rúcula consorciada com ‘Amanda’ (c) e ‘Lucy Brown’ (d), em função da dose de nitrogênio (N).....22

ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA CONSÓRCIO DE ALFACE E RÚCULA

RESUMO – A viabilidade do consórcio de alface e rúcula é comprovada cientificamente, porém há carência de estudo sobre a fertilização das culturas neste sistema de cultivo, sendo utilizadas as doses de nutrientes recomendadas para as culturas em cultivo solteiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de N na produtividade da alface e rúcula, em consórcio, obter a dose que maximiza a eficiência de uso da área e verificar a exportação de nitrogênio pelas culturas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, arranjados em esquema fatorial 2 x 6 + 3. Os fatores avaliados foram duas cultivares de alface (‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’) em consórcio com a rúcula ‘Folha Larga’ e seis doses de N aplicadas em plantio e cobertura: 0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha^{-1}. Os três tratamentos adicionais corresponderam às monoculturas das alfaces e rúcula. O teor foliar de N para ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ aumentou até 600 kg ha^{-1}, porém situaram-se na faixa adequada de N para alface com doses a partir de 48 e 40 kg ha^{-1} de N, respectivamente. Máximas produtividades de ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ em consórcio com rúcula foram obtidas com 290 e 243 kg ha^{-1} de N, respectivamente, enquanto para maximizar a produtividade da rúcula em associação à ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ foram necessários 260 e 124 kg ha^{-1} de N, respectivamente. Máximos índices de eficiência do uso da área (EUA) dos consórcios ‘Amanda’ e ‘Folha Larga’ e de ‘Lucy Brown’ e ‘Folha larga’ foram obtidos com 180 e 110 kg ha^{-1} de N. O total de N exportado pelos consórcios ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ com rúcula, com os máximos índices EUA foram de 41,6 e 27,7 kg ha^{-1} de N, respectivamente.

Palavras-chave: *Lactuca sativa, Eruca sativa,* nitrogênio, sistema de cultivo

NITROGEN FERTILIZATION FOR INTERCROPPING OF LETTUCE AND ROCKET

ABSTRACT – The viability of the intercropping of lettuce and rocket is scientifically proven, but there is a lack of study on fertilization of crops in this farming system, being used nutrient rates recommended for crops in sole. The objective of this study was to evaluate the effect of different Nitrogen (N) rates on yield of lettuce and rocket, in intercropping, to obtain the optimal rate that would maximize the intake of nitrogen by crops and thus increase yield. The experimental design was a randomized complete block design with four replications in a factorial arrangement 2 x 6 + 3. Two lettuce cultivars('Amanda' and 'Lucy Brown') were used in intercropping with rocket 'Folha Larga'. Six different rates of N (0, 120, 240, 360, 480 and 600 kg ha^{-1}) were applied. And three additional, corresponding to monoculture lettuce crisp, american and rocket treatments. Leaf N content of lettuce and rocket, rocket height, shoot dry mass (SDM) and yield of lettuce and rocket and efficiency of use of the area (EUA) were evaluated. The leaf N content for 'Amanda' and 'Lucy Brown' increased up to 600 kg ha^{-1}, but stood in the proper range for N lettuce with doses from 48 kg and 40 kg N ha^{-1}, respectively. With 120, 75, 180 and 120 kg ha^{-1} N were obtained 94, 95, 84 and 92% of MSPA 'Amanda' and 'Lucy Brown', rocket with 'Amanda' and rocket with 'Lucy Brown', respectively. Largest increase in smaller doses provide MSPA than 0.1% for every 1 kg ha^{-1} of N added. Maximum yield of 'Amanda' and 'Lucy Brown' in intercropping with rocket were obtained with 290 and 243 kg ha^{-1} N, respectively, while for the rocket in association with 'Amanda' and 'Lucy Brown' took 600 kg ha^{-1} N. the total N exported by association 'Amanda' and 'Lucy Brown' with rocket, as the EUA indices were 41.6 and 27.71 kg ha^{-1} N respectively.

Keywords: *Lactuca sativa*, *Eruca sativa*, nitrogen, cropping system

1 INTRODUÇÃO

As áreas cultivadas com alface (*Lactuca sativa* L.) e rúcula (*Eruca sativa* Miller) têm aumentado, com o objetivo de atender a demanda do mercado consumidor. Contudo, essa expansão resulta na abertura de novas áreas para aumentar a produção, o que pode ocasionar impactos ambientais. O emprego de técnicas e manejos que tornem possível o uso mais eficiente da água e do solo pode ajudar a reduzir esses problemas.

O cultivo em consórcio é uma técnica promissora para as hortaliças, pois permite melhorar o aproveitamento do espaço produtivo, cultivando-se duas ou mais espécies na mesma área, com pelo menos parte de seus ciclos ocorrendo simultaneamente.

Os benefícios do consórcio de culturas são muitos e podem ser diretos, como aumento na produção de alimentos por unidade de área cultivada em comparação com o cultivo solteiro ou indiretos, como a melhoria da diversidade biológica e redução de impactos ambientais devido à menor área que é destinada para o cultivo (CECÍLIO FILHO et al., 2008).

O cultivo consorciado de alface e rúcula tem se apresentado viável (COSTA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2010; BARROS JÚNIOR et al. 2011), porém, o cultivo consorciado tem como característica principal a competição pelos mesmos recursos disponíveis como água, luz e nutrientes, devendo-se, então, manejar o sistema para otimizar a complementaridade entre as espécies, minimizando os efeitos da competição. Nesse sentido, a adequação da fertilização do consórcio é fundamental para obter alta produtividade.

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é o segundo mais acumulado pela alface (AQUINO et al., 2007; KANO et al., 2012) e pela rúcula (GRANGEIRO et al., 2011), que são espécies muito responsivas ao fornecimento do nutriente (BARROS JÚNIOR et al., 2011). Por outro lado, o fertilizante nitrogenado é um dos insumos mais onerosos no custo de produção dessas hortaliças, necessitando de manejo adequado, também para reduzir impactos ao ambiente.

A recomendação da dose de N para consórcio da alface e rúcula ainda não foi definida, sendo escassas as informações sobre o assunto. Nas monoculturas de alface e rúcula, a dose de N varia de 130 a 160 kg ha^{-1}.

Contudo, acredita-se que o cultivo associado das duas hortaliças modifica a demanda de N e a eficiência da fertilização.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de N na produtividade da alface e da rúcula, em consórcio, e obter a dose que maximiza a eficiência de uso da área e verificar a exportação de nitrogênio pelas culturas com essa dose.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo de plantas em sistema de consórcio

A busca por otimização da produção de hortaliças em pequenas áreas leva a desenvolver formas eficientes no uso do solo, agrupando em uma área de cultivo, plantas que sejam compatíveis do ponto de vista agronômico (MAIA et al., 2010).

Os sistemas consorciados caracterizam-se pelo cultivo simultâneo de duas ou mais espécies na mesma área, que não necessariamente sejam semeadas ou plantadas ao mesmo tempo, mas que durante parte de seus ciclos vegetativos, haja coexistência, forçando interação entre elas (CECÍLIO FILHO; MAY, 2002).

As vantagens na utilização deste sistema podem ser atribuídas ao aumento de produtividade (COSTA et al., 2008), diversificação da renda, diminuição no custo operacional (CORRÊA, et al., 2006; CECÍLIO FILHO; REZENDE; COSTA, 2008; COSTA et al., 2008), aumento na eficiência do uso da área em relação aos cultivos solteiros (REZENDE et al., 2005), além de maior recuperação de nutrientes do solo por unidade de área e maior eficiência das práticas culturais como capina, irrigação e adubação (OLIVEIRA et al., 2005). Contudo, para o sucesso do cultivo consorciado, deve-se buscar a complementaridade, ou seja, deve-se minimizar a competição pelos mesmos recursos demandados pelas espécies (GRANGEIRO et al., 2007).

Na área de cultivo, as espécies devem ser plantadas de tal forma que a proximidade não as prejudique ou minimize o prejuízo ao seus crescimento e desenvolvimento (OLIVEIRA et al., 2004;VIEGAS NETO et al., 2012), a fim de haver menor competição entre os recursos naturais em comum utilização (REZENDE; CANATO; CECÍLIO FILHO, 2005).

2.2 Consórcio de alface e rúcula

A combinação de espécies em cultivo consorciado é amplamente variada, mas a cultura da alface (*Lactuca sativa*) tem sido uma das mais utilizadas e estudadas, devido à facilidade de comércio, retorno econômico e as características agronômicas que permitem a inserção de outra cultura na área. Rezende et al. (2009), avaliando a rentabilidade de culturas em

consorciação com o pimentão, relataram o aumento de 49,6% de lucro na cultura da alface quando comparado ao cultivo solteiro. Oliveira et al. (2005), avaliando cultivares de coentro em consórcio com cultivares de alface, verificaram que esse sistema de cultivo foi mais vantajoso do que o cultivo solteiro, quanto ao ganho econômico obtido pelo uso mais eficiente da área.

Outra cultura muito utilizada em consórcio é a da rúcula (*Eruca sativa* Miller). O espaço no mercado com a cultura vem aumentando desde a década de 1990 (SOLINO et al., 2010), com o consumo de suas folhas principalmente em forma de salada (STEINER et al., 2011).

A rúcula apresenta rápido crescimento vegetativo, ciclo curto e arquitetura vegetativa ereta, o que permite a sua adaptação ao sistema de consórcio. Grangeiro et al. (2009) avaliaram a cultura da beterraba em consórcio com rúcula, e obtiveram maior produção de beterraba e otimização de práticas culturais quando a rúcula foi implantada até sete dias após a semeadura da beterraba, considerando assim um sistema vantajoso para o produtor. Em outro caso, no cultivo consorciado da rúcula com chicória, Cecílio Filho et al. (2008) recomendaram a semeadura da rúcula no mesmo dia de transplante da chicória para melhor produtividade e eficiência no uso da área. Também observaram que a rúcula não interferiu no crescimento e desenvolvimento da chicória.

O uso da cultura da alface como cultivo principal e a cultura da rúcula como intercalar tem sido apresentada como alternativa promissora e viável para a produção destas duas culturas (COSTA et al., 2009).

A eficiência agroeconômica da alface e rúcula foi descrita por Barros Júnior et al. (2011), que verificaram a necessidade de incrementar em 53% a área em monocultura para obter a mesma quantidade de alimento produzida pelo consórcio em um hectare. Costa et al. (2007), avaliando o consórcio entre cultivares de alface e rúcula, em função de época de cultivo e da época de semeadura da rúcula em relação ao transplante da alface, verificaram que a eficiência do uso da área dos consórcios variou de 1,08 a 2,02. Oliveira et al. (2010), avaliando a adubação orgânica e mineral em diferentes arranjos espaciais do consórcio de alface e rúcula, também verificaram que, em todas as combinações estudadas, o consórcio se mostrou viável, com índices de eficiência do uso da área entre 1,14 e 1,70.

2.3 Adubação de consórcio

Nos consórcios muitos fatores podem interferir no rendimento e qualidade das espécies. Dentre os fatores que podem afetar negativamente o sistema de consórcio da alface e da rúcula, Barros Júnior et al. (2011) citam a adubação das culturas, pois a exigência nutricional das espécies pode mudar devido a interação interespecífica, que não existe no monocultivo. Como não há estudos conclusivos para recomendação da fertilização de consórcios, as doses de fertilizantes prescritas para a cultura principal em monocultivo são utilizadas nos consórcios. Essa decisão pode levar à subdose de fertilizantes para as culturas envolvidas, refletindo negativamente no crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade das hortaliças.

O conhecimento das necessidades dos nutrientes pelas culturas pode ser verificado pela quantidade absorvida pelas plantas. O que pode auxiliar no estabelecimento da adubação das culturas indicando as quantidades absorvidas para se atingir certa produtividade, devendo se considerar também o tipo de solo, condições climáticas, cultivar, manejo cultural e fertilizante, pois a eficiência de aproveitamento dos nutrientes é variável conforme esses fatores (GRANGEIRO et al., 2006).

Salgado et al. (2006) verificaram que houve maior extração de N, P e K pelo consórcio de alface crespa com cenoura (122,7; 51,2; 393,9 kg ha^{-1}) do que no monocultivo das espécies. As quantidades extraídas de N, P e K foram quase o dobro para a alface 80,6; 17,0; 188,5 kg ha^{-1} e para cenoura 71,5; 36,3; 273,8 kg ha^{-1}. Há, portanto maior aproveitamento dos nutrientes pelos consórcios, o que pode evidenciar a necessidade do incremento de doses de adubo para suprir as necessidades das culturas consorciadas.

Segundo Rezende et al. (2005), a necessidade de uso constante de fertilizantes para bons níveis de fertilidade do solo em cultivo de olerícolas, torna este o insumo mais oneroso no custo final de produção. Desta forma, a adequação da adubação é um fator de desoneração do custo de produção e, por outro lado, contribui para o aumento de produtividade.

Dentre os nutrientes, o N é um dos mais requeridos para as hortaliças folhosas, sendo comum a aplicação de altas quantidades durante o ciclo. O nutriente combina-se com o C, H e S para formação de aminoácidos e por sua vez na construção de proteínas. É importante para a divisão celular e influência

o crescimento e o desenvolvimento das plantas. È necessário também para todas as reações enzimáticas das plantas, na fotossíntese, pois faz parte da molécula de clorofila, e é componente de várias vitaminas (UCHIDA, 2000).

Conforme Steiner et al. (2012), o fornecimento adequado de N favorece o crescimento vegetativo, a expansão da área fotossintética e eleva o potencial produtivo da cultura. A adubação nitrogenada influencia no número de folhas e na produção de matéria fresca e seca da parte aérea das plantas de alface. Por ser composta basicamente de folhas, a alface responde bem ao fornecimento de nitrogênio, que requer manejo especial quanto à adubação, por ser de fácil lixiviação e pelo fato da cultura absorver maior quantidade na fase final do ciclo (GRANGEIRO et al., 2006).

Purquerio et al. (2007), estudando a produtividade de rúcula ‘Cultivada’ em dois ambientes de cultivo, verificaram que cultura respondeu até as doses de 240 kg ha^{-1} de N no campo e 180 kg ha^{-1} de N no ambiente protegido, com produtividade estimada de 3,0 e 3,3 kg m^{-2}, respectivamente. Steiner et al. (2011), avaliando doses de N em rúcula ‘Selvática’, observaram produção de massa fresca máxima de 58,0 e 70,0 g por planta, com a aplicação de 160 e 135 mg dm^{-3} de N, na forma de ureia e nitrato de amônio, respectivamente.

A fertilização nitrogenada do consórcio de alface e rúcula foi estudada por Barros Júnior et al. (2009). Os autores avaliaram a aplicação de 0, 65, 130 e 195 kg ha^{-1} de N para a alface ‘Verônica’ e 0, 65, 130 e 195 kg ha^{-1} de N para a rúcula ‘Folha Larga’, em esquema fatorial 4 x 4. Os autores verificaram que a máxima produtividade de alface, no cultivo consorciado, foi obtida com 100 kg ha^{-1} de N para alface e 195 kg ha^{-1} de N para rúcula. Para obter a máxima produtividade de rúcula, foi necessário aplicar 195 kg ha^{-1} de N para a alface e 180 kg ha^{-1} de N para a rúcula. Quando o adubo nitrogenado não foi aplicado, houve redução de 50% e 70% das produtividades de alface e de rúcula em relação às máximas produtividades obtidas. A máxima eficiência do uso da área pelo consórcio foi obtida com a aplicação de 127 kg ha^{-1} de N para alface e 195 kg ha^{-1} de N para rúcula.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, do Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus Jaboticabal, SP, cujas coordenadas geográficas são 21°15'22" Sul, 48°18'58" Oeste, e altitude de 575 metros.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho típico de textura muito argilosa, segundo critérios de classificação da EMBRAPA (2013). Antes do preparo do solo para instalação do experimento, o solo foi amostrado na camada de 0 a 20 cm e apresentou pH ($CaCl_2$) de 5,2; 15 g dm^{-3} de matéria orgânica, $P_{(resina)}$ = 64 mg dm^{-3}; K = 2,6 $mmol_c$ dm^{-3}; Ca = 26 $mmol_c$ dm^{-3}; Mg = 11 $mmol_c$ dm^{-3}; H+Al = 28 $mmol_c$ dm^{-3}; SB = 40 $mmol_c$ dm^{-3}; T = 68 $mmol_c$ dm^{-3} e V = 59%, segundo métodos descritos por Raij et al. (2001).

Avaliaram-se 12 tratamentos, em delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6 + 3, com quatro repetições. Os fatores avaliados foram: cultivares de alface, 'Amanda', do grupo de folhas soltas e crespa, e 'Lucy Brown', do grupo americana e folhas lisas, em consórcio com rúcula 'Folha Larga' e doses de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura para o consórcio (0, 120, 240, 360, 480 e 600 kg ha^{-1} de N, na forma de ureia). Os três tratamentos adicionais corresponderam às monoculturas de alface 'Amanda', 'Lucy Brown' e rúcula 'Folha Larga'.

No plantio, foram aplicados 40 kg ha^{-1} de N (exceto no tratamento zero de N), e, em todas as unidades experimentais, 100 kg ha^{-1} de K_2O (KCl) e 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples). O restante da dose de N, conforme a dose de cada tratamento foi aplicada em cobertura nas entrelinhas das plantas consorciadas, em três parcelas, aos 7, 14 e 21 dias após a emergência da rúcula. Para a adubação em cobertura do monocultivo da alface e rúcula seguiu-se as recomendações descritas por Trani et al. (1997).

A unidade experimental do consórcio (Figura 1) constou de sete linhas de alface, transversais ao comprimento do canteiro, com espaçamento de 0,25 x 0,25 m e 0,35 x 0,30 m para 'Amanda' e 'Lucy Brown', respectivamente. Para rúcula, a unidade experimental constou de seis linhas, situadas entre as linhas da alface e distantes entre plantas de rúcula de 0,05 m.

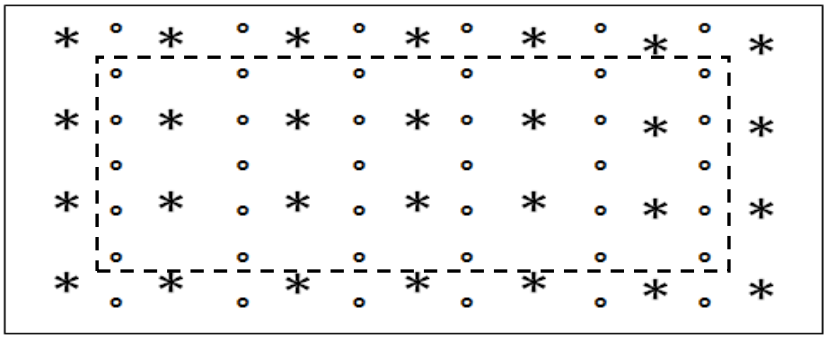

Figura 1. Unidade experimental do consórcio de alface (*) e rúcula (o) e área útil (- -) para coleta de dados.

No monocultivo de ‘Amanda’, ‘Lucy Brown’ e rúcula, o espaçamento utilizado foi de 0,25 x 0,25 m; 0,35 x 0,30 m e 0,25 x 0,05 m respectivamente.

O preparo do solo, para instalação do experimento, constou da aplicação de herbicida para eliminação de plantas daninhas, seguidas de aração e gradagens. Em seguida, os canteiros foram preparados com rotoencanteirador.

As cultivares de alface foram transplantadas em 3-5-2013, quando apresentavam quatro folhas, e a rúcula foi semeada no mesmo dia, em sulcos localizados na metade das entrelinhas da alface. O desbaste na rúcula foi realizado aos 10 dias após a semeadura, para adequação do espaçamento entre as plantas de rúcula na linha. A alface foi considerada como a cultura principal do consórcio.

Foram realizados tratos culturais normais à cultura como capina, irrigação e controle fitossanitário.

A colheita da rúcula foi realizada em 8-6-2013 aos 33 dias após semeadura, a alface ‘Amanda’ foi colhida aos 48 dias após o transplante (DAT) e a alface ‘Lucy Brown’ aos 61 dias.

3.1 Características avaliadas

3.1.1 Alface

a) Teor de N na folha (g kg^{-1}): foram coletadas 10 folhas recém-desenvolvidas, com aproximadamente dois terços do ciclo, conforme época e parte da planta recomendados por Trani e Raij (1997). As folhas foram lavadas em água deionizada e colocadas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65ºC. Após a secagem, o material foi moído e preparado para

análise química, determinando-se o teor de N conforme método proposto por Bataglia et al. (1983).

b) Massa seca da parte aérea (g planta^{-1}): das alfaces colhidas para avaliação da produtividade, uma planta foi amostrada, e colocada para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C, por 96 horas. Após secagem a planta foi pesada.

c) Teor (g kg^{-1}) e acúmulo (mg planta^{-1}) de nitrogênio na parte aérea: a planta amostrada para avaliar a matéria seca parte aérea (MSPA) foi lavada em água corrente e deionizada, e colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65ºC. Em seguida o material foi digerido e determinado o teor de nitrogênio. O acúmulo de nitrogênio (AcN) foi calculado por AcN = MSPA*N. Para cálculo da quantidade de nitrogênio em 1 ha, foram consideradas as populações de 99.200 e 62.000 plantas por hectare para 'Amanda' e 'Lucy Brown', respectivamente.

d) Produtividade (kg ha^{-1}): a colheita da alface foi realizada entre 6 e 7 h da manhã, e imediatamente procedeu-se a pesagem das plantas. Das linhas centrais da parcela, foram colhidas 8 e 6 plantas de 'Amanda' e 'Lucy Brown', respectivamente. Para a estimativa da produtividade de ambas as cultivares, foi considerada área de 6.200 m² efetivamente plantada (área de canteiros) em 1 hectare. As populações de 'Amanda' e 'Lucy Brown' foram 99.200 e 62.000 plantas ha^{-1}, respectivamente.

3.1.2 Rúcula

a) Altura de plantas de rúcula (cm): um dia antes da colheita, a altura de 10 plantas foi medida da superfície do solo até a extremidade da folha mais alta.

b) Massa seca da parte aérea (g m^{-1}): dez plantas foram amostradas, lavadas em água corrente e deionizada e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, 65 °C por 96 horas. Após secagem a planta foi pesada.

c) Teor (g kg^{-1}) e acúmulo de nitrogênio (mg planta^{-1}): no final do ciclo na matéria seca da parte aérea da rúcula, foi avaliado o teor de nitrogênio. O acúmulo de nitrogênio (AcN) foi calculado do mesmo modo como realizado

para alface. Para cálculo da quantidade de nitrogênio em 1 ha foi considerada a população de 493.520 e 410.440 plantas ha^{-1} em consórcios com ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’, respectivamente.

e) Produtividade (t ha^{-1}): a colheita da rúcula foi realizada, entre 6 e 7 h da manhã, e imediatamente procedeu-se a pesagem das plantas. Foram colhidas plantas de duas linhas. Para cálculo da produtividade foi usada a população de 493.520 e 410.440 plantas ha^{-1} em consórcios com ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’, respectivamente.

3.1.3 Eficiência de Uso da Área (EUA)

O Índice de Eficiência de Uso da Área (EUA) foi calculado utilizando-se a fórmula proposta por Willey (1979).

$$EUA = \frac{Yab}{Yaa} + \frac{Yba}{Ybb}$$

Sendo que:

Yab é a produção da cultura "a" em consórcio com a cultura "b";

Yba é a produção da cultura "b" em consórcio com a cultura "a";

Yaa é a produção da cultura "a" em monocultura;

Ybb é a produção da cultura "b" em monocultura.

As produtividades das alfaces e da rúcula utilizadas no cálculo do índice EUA corresponderam às produtividades calculadas em kg ha^{-1}.

De acordo com Gonçalves (1982), EUA = 1 representa a indiferença no processo competitivo, EUA > 1 indica efeito de cooperação ou de compensação entre as culturas consorciadas, com vantagens para o consórcio, e EUA < 1 demonstra inibição mútua ou compensação com desvantagens para o consórcio em relação ao cultivo solteiro.

3.2 Análises dos dados

Os dados foram submetidos ao estudo de regressão polinomial e ao modelo de equação exponencial (não linear) para avaliar efeito das doses de N em cada cultivar de alface. Foram utilizados os programas AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO, 2011) e software Origin v.6.1. (MICROCAL SOFTWARE, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da dose de N no teor foliar de N das alfaces ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ e da rúcula ‘Folha Larga’ quando em consórcio com ambas cultivares de alface.

As alfaces ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ apresentaram resposta semelhante à adubação nitrogenada quanto ao teor foliar de N, assim como similares foram os resultados observados para teor de N da rúcula tanto em consórcio com ‘Amanda’ quanto com ‘Lucy Brown’. Foram obtidos ajustes lineares nos teores de N da rúcula, enquanto para teores de N nas alfaces verificaram-se ajustes de equação exponencial (Figura 2).

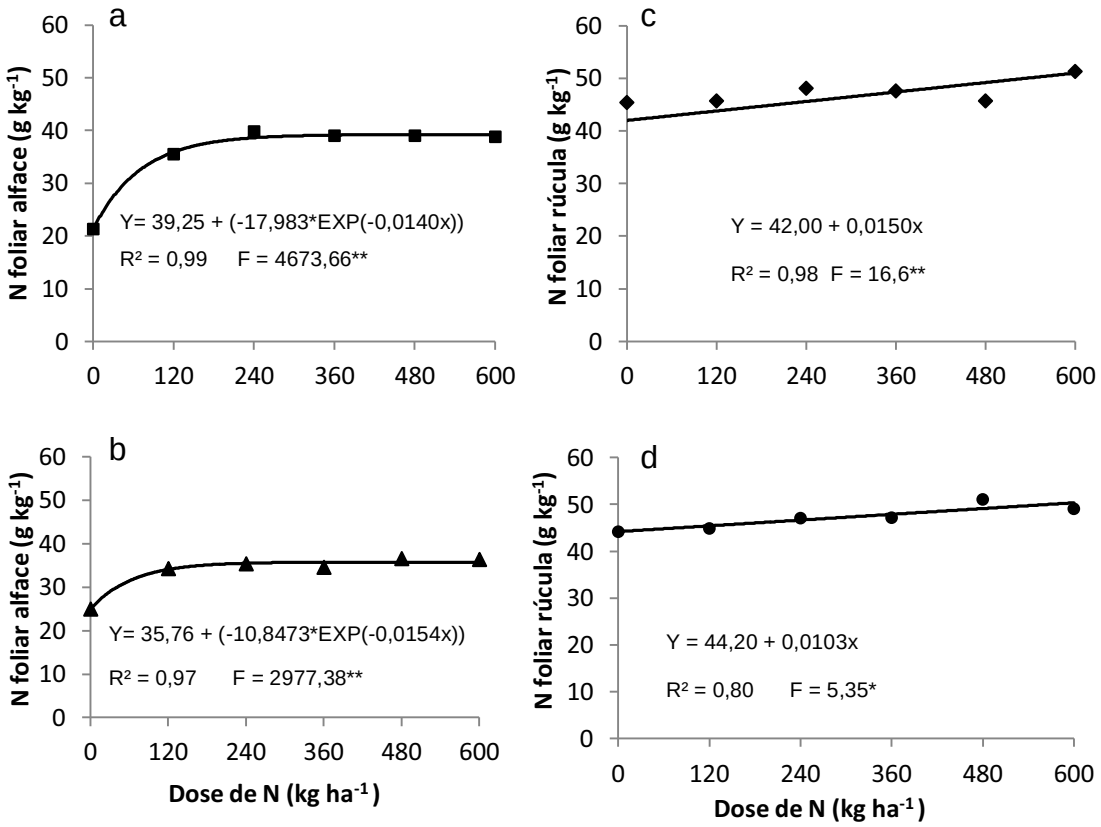

Figura 2. Teor foliar de nitrogênio das alfaces ‘Amanda’ (a) e ‘Lucy Brown’ (b), e da rúcula ‘Folha Larga’ consorciada com ‘Amanda’ (c) e ‘Lucy Brown’ (d), em função da dose de nitrogênio (N).

Conforme as equações ajustadas verificou-se que os teores foliares de N das alfaces ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ e da rúcula ‘Folha Larga’, seja com ‘Amanda’, seja com ‘Lucy Brown’, aumentaram com o incremento na dose de N. Com a maior dose, 600 kg ha^{-1} de N, os teores foliares de N da ‘Amanda’,

‘Lucy Brown’ e rúcula ‘Folha Larga’ com ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ foram 39,3; 35,8; 50,2 e 50,4 g kg^{-1}, respectivamente (Figura 2 a, b, c, d). Nos cultivos solteiros, ‘Amanda’, ‘Lucy Brown’ e rúcula ‘Folha Larga’ apresentaram teores de 34,0; 36,7 e 47,1 g kg^{-1}. Resultados que evidenciaram o aumento do teor foliar de N de alface, em função do aumento no fornecimento de N, foram observados por Liu et al. (2014) com a aplicação de até 400 kg ha^{-1} de N.

Conforme ajustes de equações (Figura 2 a, b), quando a dose de N foi maior que 48 e 40 kg ha^{-1} para ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’, os teores foliares de N situaram-se na faixa considerada adequada por Trani e Raij (1997), entre 30 e 50 g kg^{-1}. Essas doses são menores do que a constatada por Resende et al. (2012), que verificaram que para manter o teor de N adequado na alface ‘Raider’ em monocultivo, foi necessária a aplicação de 161,5 kg ha^{-1} de N, desse que proporcionou 32,6 g kg^{-1} de N em folhas coletadas no final do ciclo.

Quando o consócio não foi adubado com N, ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ apresentaram 21,3 e 24,9 g kg^{-1} de N na massa seca da folha de diagnose do estado nutricional, avaliada aos dois terços do ciclo, enquanto a rúcula ‘Folha Larga’, quando em consórcio com ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ apresentou teores de 41,2 e 44,2 g kg^{-1} de N na massa seca da parte aérea, na colheita (Figura 2 c, d). Nessa condição, foram observados sintomas visuais de deficiência de N nas plantas de alface e rúcula, como amarelecimento geral da planta e tamanho reduzido. Também, não foi observada a formação de cabeça na alface ‘Lucy Brown’. Conforme Dzida et al. (2012) salientam, a deficiência de nitrogênio nas plantas é caracterizada por crescimento lento, folhas verde-amarelo, lignificação de tecidos e baixa produtividade das culturas. Sintomas semelhantes foram também observados por Walker, Burns e Moorby (2001), quando o N não foi fornecido à alface, ou seja, as folhas apresentaram cor verde claro, crescimento lento e tamanho menor. Como o nitrogênio é necessário para a síntese da clorofila e está envolvido no processo de fotossíntese, a sua deficiência interfere diretamente nas funções vitais da planta (REIS et al., 2006).

Ainda que tenham sido observados sintomas de deficiência de N na rúcula, os teores obtidos como média de toda a parte aérea podem ser considerados altos. De acordo com Haag e Minami (1988), os teores foliares de N são elevados na rúcula durante todo o ciclo. Para alface dos grupos crespa

ou americana, Soundy et al. (2005) citam que, para se obter alta produtividade, os teores de N foliar devem estar acima de 30 g kg^{-1}, pois o N em hortaliças folhosas é fortemente correlacionado com o desenvolvimento da parte vegetativa.

Com relação ao teor de N foliar da rúcula, Caravianni et al. (2008) estudando concentrações de nitrogênio na solução nutritiva para diferentes cultivares de rúcula, e entre elas a 'Folha Larga', verificaram que o aumento da concentração possibilitou o incremento no teor foliar de N. Purquerio (2005) obteve resposta quadrática para teor foliar de N em função de aplicação de doses de N em rúcula 'Folha Larga' cultivada em ambiente protegido, sendo máximo, 47,1 g kg^{-1}, atingindo com 168,3 kg ha^{-1} de N. Doses maiores causaram decréscimos no teor foliar de N. Ratke et al. (2011) verificaram teores de N na parte aérea da rúcula entre 15,3 e 40,4 g kg^{-1} quando a dose variou de 0 a 598 kg ha^{-1} de N.

Foram obtidos ajustes de equações exponenciais para massa seca da parte aérea (MSPA) das alfaces 'Amanda' e 'Lucy Brown' e da rúcula 'Folha Larga' (Figura 3 a, b, c, d).

Com o aumento no fornecimento de N para o consórcio, incrementos na MSPA das plantas de alface e de rúcula foram observados até 600 kg ha^{-1}, com máximas de 11,0 e 11,1 g $planta^{-1}$ para as alfaces 'Amanda' e 'Lucy Brown', e 14,6 e 10,6 g m^{-1} para rúcula com 'Amanda' e rúcula com 'Lucy Brown', respectivamente (Figura 3 a, b, c, d). Nos cultivos solteiros, as MSPA da 'Amanda', 'Lucy Brown' e da rúcula foram 12,4; 16,8 g $planta^{-1}$ e 11,5 g m^{-1}. O aumento da massa seca de alface com o incremento das doses de N também foi relatado por Soundy e Cantlife (2001) e Henriques e Marcelis (2000). Boroujerdnia e Ansari (2007) verificaram que a massa seca de alface aumentou até 120 kg ha^{-1} de N. Em casa de vegetação, Bozkurt et al. (2009), obtiveram 8,3 g $planta^{-1}$ com o fornecimento de 150 kg ha^{-1} de N para alface.

As quantidades de MSPA obtidas para as alfaces no presente trabalho foram semelhantes à encontrada por Kano et al. (2011), com a alface 'Verônica', 11,4 g $planta^{-1}$, e maiores do que as observadas por Grangeiro et al. (2006) e Benini et al. (2005), 6,4 e 9,8 g $planta^{-1}$, respectivamente, em cultivo convencional. Por outro lado, maior massa seca de alface 'Verônica' (grupo crespa e sem formação de cabeça) foi encontrada por Silva, Bôas e Silva

(2010) que verificaram produção de até 17,7 g planta^{-1}, em casa de vegetação e adição de compostos orgânicos como fonte de nitrogênio.

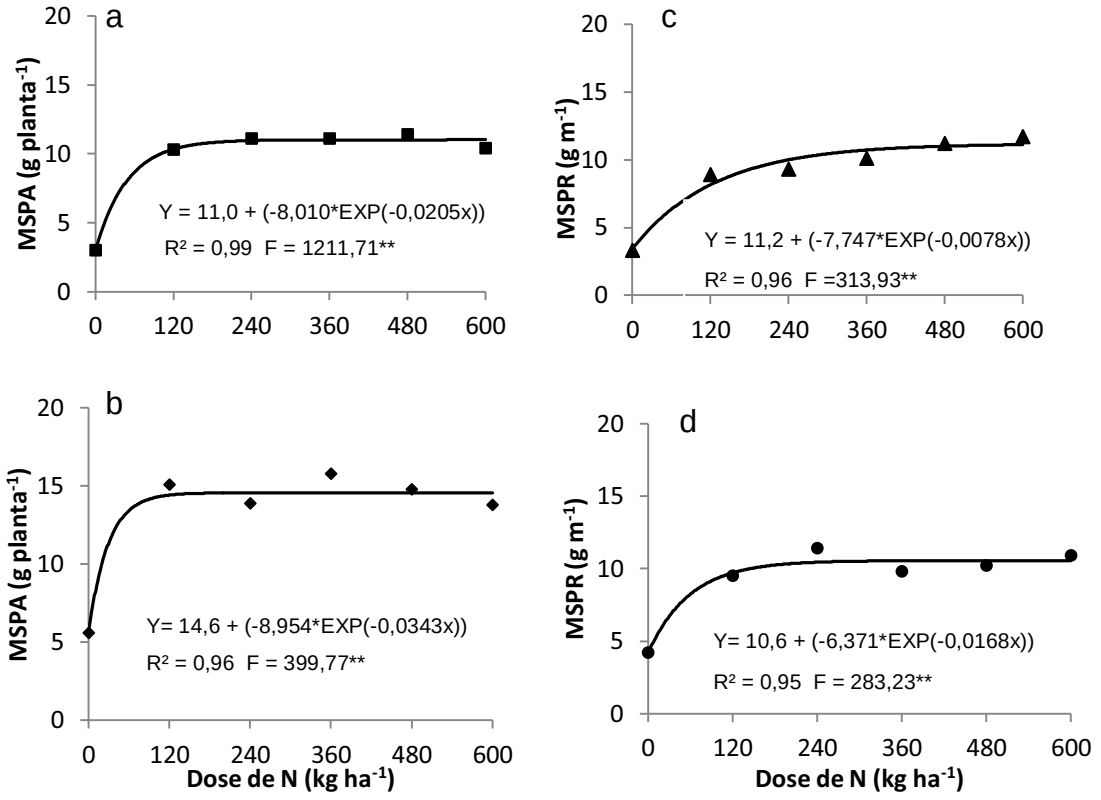

Figura 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) da alface 'Amanda' (a) e 'Lucy Brown' (b), e da rúcula 'Folha Larga' em consórcio com 'Amanda' (c) e 'Lucy Brown' (d), em função da dose de nitrogênio (N).

Com relação à rúcula, Purquerio et al. (2007) verificaram aumento da massa seca da 'Folha Larga', em monocultivo, com o incremento da dose de N. Os autores observaram resposta até a aplicação de 198,5 kg ha^{-1} de N correspondendo à 203,1 g m^{-2} de massa seca, e redução na produtividade com dose superior. As produções de massa seca de rúcula 'Cultivada', em consórcio com grupos de alface, avaliados por Costa et al. (2007), foram 26,90 e 24,05 g m^{-1} quando consorciada com 'Vera' (alface do grupo de folhas crespas e sem formação de cabeça) e 'Tainá' (folhas lisas e com formação de cabeça, do grupo americana), respectivamente.

Os incrementos observados na MSPA das alfaces e rúculas não foram proporcionais ao incremento da dose de N. Grandes aumentos na MSPA de 'Amanda', 'Lucy Brown', rúcula com 'Amanda' e rúcula com 'Lucy Brown'

ocorreram quando o consórcio foi adubado com até 120, 75, 180 e 120 kg ha^{-1} de N, respectivamente. Com estas doses, as MSPA da ‘Amanda’, ‘Lucy Brown’, rúcula com ‘Amanda’ e rúcula com ‘Lucy Brown’ equivaleram a 94, 95, 84 e 92% das máximas estimadas, respectivamente. A partir delas, o incremento de MSPA é de até 0,01 g planta^{-1} para alface ou de até 0,01 g m^{-1} para rúcula a cada 1 kg ha^{-1} de N acrescido na fertilização do consórcio.

Não fornecer N ao consórcio implicou em acentuada redução na produção de massa seca da ‘Amanda’ (73%), ‘Lucy Brown’ (62%), rúcula com ‘Amanda’ (70%) e rúcula com ‘Lucy Brown’ (60%) em relação aos máximos obtidos. Corroborando com este trabalho a menor massa seca de plantas de alface também foi verificada por Bozkurt et al. (2009) e Soundy e Cantlife (2001), quando não foi feita a aplicação de N. O fornecimento de doses adequadas de N favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial produtivo da cultura (OLIVEIRA et al., 2003) e assim a adição do nutriente promove incrementos na produção de massa seca. No entanto, sob deficiência de N as plantas não conseguem expressar todo potencial produtivo, devido às menores taxas de formação e expansão foliar e assimilatória líquida por unidade de área (CRUZ; PELACANE; ARAÚJO, 2006).

As alturas de rúcula ‘Folha Larga’ em consórcio com ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ ajustaram-se significativamente à equações exponenciais em função da dose de N (Figura 4 a, b, c, d).

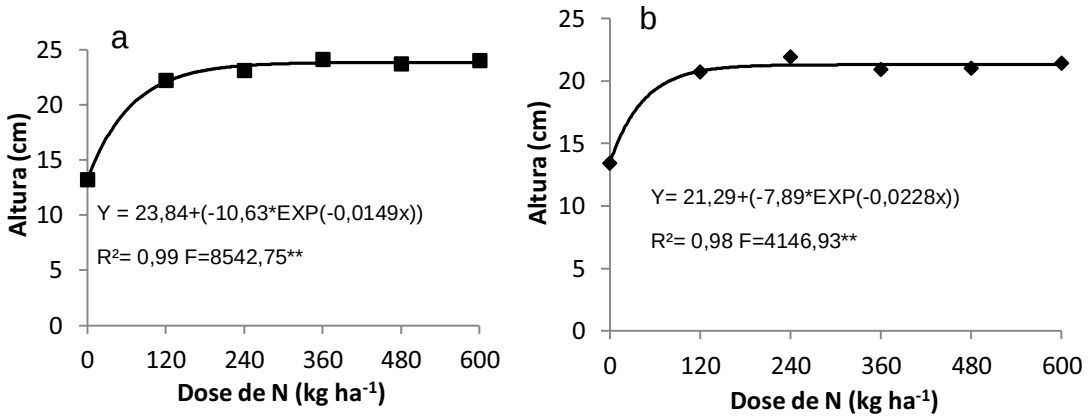

Figura 4. Altura de rúcula consorciada com ‘Amanda’ (a) e ‘Lucy Brown’ (b), em função da dose de nitrogênio (N).

A altura de rúcula consorciada com alface ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ aumentaram com a adição de doses de N, maximizando com 600 kg ha^{-1} de N, quando apresentaram 23,8 e 21,3 cm, respectivamente (Figura 4 a, b). O N é componente da molécula de clorofila e a maior disponibilidade do nutriente favorece a produção de fotoassimilados (FAGERIA; STONE, 2003). O que pode ter favorecido o maior crescimento em altura das plantas. Contudo, para se obter 95% das alturas máximas de rúcula quando cultivada com alface ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’, são necessários apenas 144 e 87 kg ha^{-1} de N, possibilitando economia de 456 e 513 kg ha^{-1} de N, respectivamente. Essas doses são inferiores às obtidas por Trani et al. (1994), para máxima altura 21,7 cm com adição de até 209 kg ha^{-1} de N, e de Carvalho et al. (2012), 16,3 cm adicionando até 280 kg ha^{-1} de N.

As alfaces ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ não afetaram o crescimento da rúcula, que teve altura acima de 20 cm, considerada por Minami e Tessarioli (1998) como adequada ao mercado consumidor. Em consórcio com ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’, as alturas de rúcula obtidas com doses acima de 70 e 80 kg ha^{-1} de N, respectivamente, foram maiores que 20 cm, semelhantes às observadas no sistema solteiro, média de 21,7 cm. O resultado demonstra a boa complementaridade que a rúcula possui com a alface, justificada por Nascimento et al. (2011) por sua arquitetura ereta e ciclo rápido.

Com dose de N similar, 75 kg ha^{-1} de N, Cavalaro Júnior et al. (2009) observaram altura máxima de 22,24 cm para rúcula. Barros Júnior (2008) verificou altura máxima de 29,91 cm de rúcula ‘Folha Larga’ consorciada com alface ‘Verônica’, quando foi aplicado 140 kg ha^{-1} de N para a alface e 119 kg ha^{-1} de N para a rúcula.

A ausência de adubação nitrogenada ao consórcio prejudicou muito o crescimento das plantas de rúcula que apresentaram alturas de 13,2 cm e 13,4 cm quando cultivadas com a alface ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’, respectivamente. Carvalho et al. (2012), trabalhando com doses de N na fertirrigação de rúcula, em sistema solteiro, obtiveram alturas de plantas parecidas com as do presente trabalho sem aplicação de N (13 cm). Cavalaro Júnior et al. (2009), avaliando a rúcula Cultivada em cultivo protegido obtiveram a menor altura sem aplicação de N (14,14 cm).

Para a produtividade da ‘Amanda’ verificou-se ajuste de equação cúbica, enquanto para a rúcula e EUA houve melhor ajuste de equação exponencial (Figura 5 a, b, c).

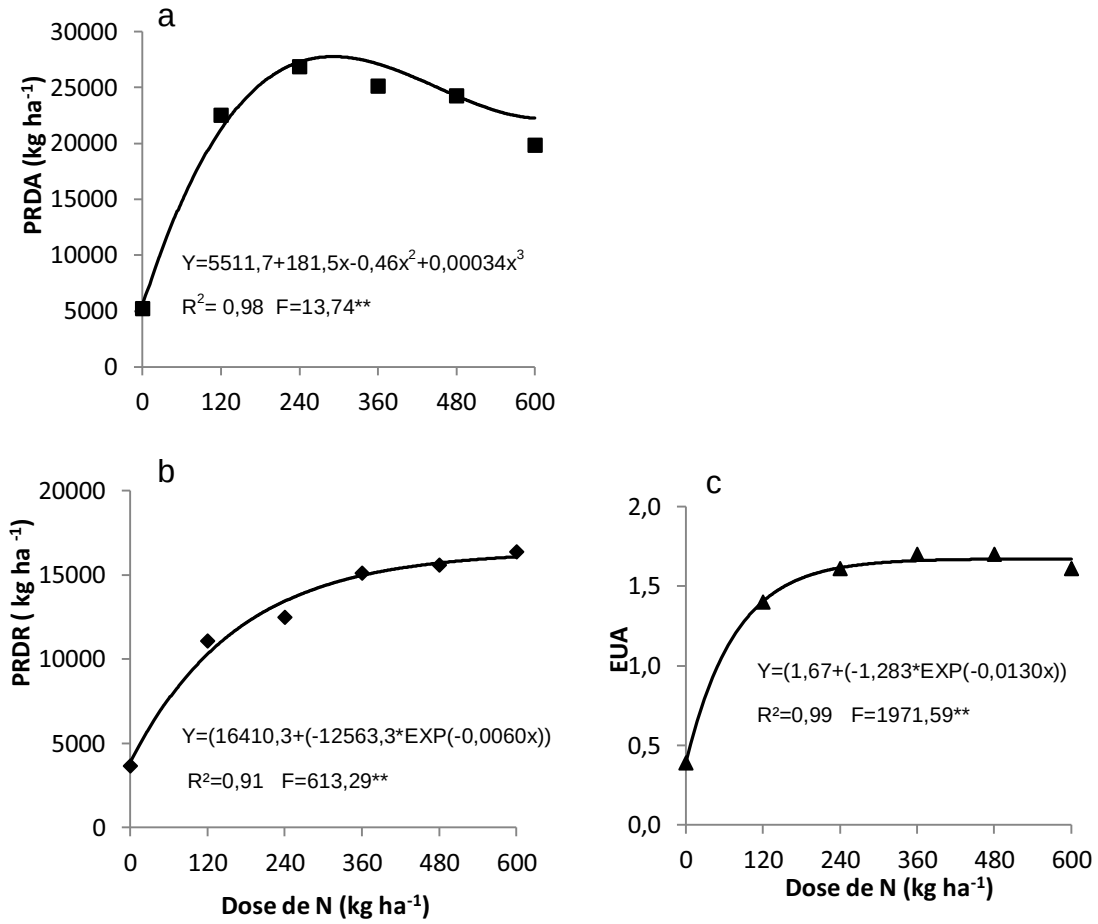

Figura 5. Produtividade da alface ‘Amanda’ (a) e da rúcula ‘Folha Larga’ em consórcio (b) e eficiência de uso da área (c), em função da dose de nitrogênio (N).

A produtividade da alface ‘Amanda’ aumentou até a dose de 290 kg ha^{-1} de N para o consórcio, obtendo-se 27.753,28 kg ha^{-1} (Figura 5 a). Barros Júnior et al. (2011), que avaliaram doses de N (0 a 195 kg ha^{-1}) para alface e para rúcula, aplicadas separadamente para cada espécie, obtiveram máxima produtividade de alface (23.744,48 kg ha^{-1}) com 100 kg ha^{-1} de N para alface e 195 kg ha^{-1} de N para rúcula. Portanto, a dose de 290 kg ha^{-1} de N, dividida em três coberturas, e que maximizou a produtividade da alface ‘Amanda’, foi 190% maior do que a dose de 100 kg ha^{-1} de N (doses para alface e rúcula, divididas em três coberturas), verificada por Barros Júnior et al. (2011) como ideal para

maximizar a produtividade da alface ‘Verônica’ em consórcio com rúcula ‘Folha Larga’.

Não realizar a adubação nitrogenada para o consórcio de alface ‘Amanda’ e rúcula ‘Folha Larga’ causou grande redução na produtividade da alface, colhendo-se 5.511,7 kg ha^{-1} de alface (Figura 5 a, b), que equivale a 20% da máxima produtividade, ou seja, redução de 80% na produtividade da alface. Por outro lado, doses superiores a 290 kg ha^{-1} de N fornecidas ao consórcio proporcionaram menores produtividades, e atingiu redução de 20% do máximo obtido quando o consórcio foi adubado com 600 kg ha^{-1} de N (Figura 5 a). Araújo et al. (2011) verificaram redução da produtividade da alface ‘Verônica’ com o mínimo incremento de N ao solo observando máxima produtividade de alface (30.027 kg ha^{-1}) sem adição de N. Os autores atribuíram ao resultado observado o alto teor de matéria orgânica no solo. Steiner et al. (2012) observaram ajuste quadrático para a produtividade da alface crespa ‘Piraroxa’, que foi máxima com 180 kg ha^{-1} de N, e justificaram a redução da produtividade ao efeito nocivo da grande concentração de amônio no meio, fato que também foi reportado por Sousa, Silva e Santi (2009), como produto formado a partir da aplicação de ureia no solo. O excesso de amônio pode ter efeito negativo no crescimento das plantas, uma vez que, para evitar acúmulo deste na planta, os carboidratos são utilizados prioritariamente para a rápida assimilação do amônio absorvido (BRITTO; KRONZUCKER, 2002). Também, em grande quantidade no meio radicular, o NH_4^+ reduz a absorção de outros cátions como o K^+, Ca^{2+} e Mg^2 (CARNICELLI et al., 2000), podendo comprometer a produtividade.

Com relação à rúcula ‘Folha Larga’, a máxima produtividade (16.069,11 kg ha^{-1}) foi estimada com 600 kg ha^{-1} (Figura 5 b).

Utilizando-se do mesmo critério adotado para a matéria seca da parte aérea, pode-se considerar como tecnicamente recomendável fertilizar o consórcio com 260 kg ha^{-1}, pois a partir de então, o incremento na produtividade foi inferior a 0,1% da máxima produtividade estimada, ou seja, menos de 16 kg ha^{-1} de rúcula para cada 1 kg ha^{-1} de N adicionado à adubação. Não obstante, essa produtividade obtida com 260 kg ha^{-1} de N equivale a 86% da máxima produtividade estimada para rúcula. Essa dose é semelhante à de Purqueiro et al. (2007), quando avaliaram o incremento de N

em monocultura de rúcula a maior produtividade (13.000 kg ha^{-1}) foi obtida com 240 kg ha^{-1}. Por outro lado, a dose é muito maior do que 188 kg ha^{-1} de N verificada por Trani et al. (1994) como necessária para maximar a produtividade da rúcula (17.000 kg ha^{-1}).

Não realizar a fertilização nitrogenada para o consórcio, implicou em obter somente 24% (3.847,06 kg ha^{-1}) da máxima produtividade de rúcula estimada com 600 kg ha^{-1} de N.

A EUA do consórcio alface ‘Amanda’ e rúcula ‘Folha Larga’ aumentou continuamente até 600 kg ha^{-1} de N, quando atingiu 1,67 (Figura 5 c). Contudo, os incrementos observados no índice EUA a partir de 180 kg ha^{-1} de N, para cada 1 kg ha^{-1} de N adicionado, não foram maiores do que 0,1% do máximo valor do índice EUA estimado. Nesta dose, o índice EUA estimado foi de 1,55, que correspondeu a 88% do máximo estimado. De acordo com este índice EUA = 1,55, um hectare de consórcio produz a mesma quantidade de alface e de rúcula do que 1,55 ha das monoculturas (0,775 ha de alface e 0,775 ha de rúcula). Pequenos incrementos no índice EUA a partir de 1,55 podem ser atribuídos também à produtividade da alface e rúcula que apresentou baixa resposta com a adição de N.

Com índice maior que o deste trabalho Barros Júnior et al. (2011) obtiveram com o consórcio de alface ‘Verônica’ e rúcula ‘Folha Larga’ sob adubação nitrogenada índice máximo de 1,84 com aplicação de 127 kg ha^{-1} de N para a alface e 195 kg ha^{-1} de N para a rúcula. Costa et al. (2007) verificaram que no outono/inverno o consórcio de alface ‘Vera’ e rúcula ‘Cultivada’ semeada no mesmo dia do transplante da alface o índice obtido foi de 1,93. Índice similar a este experimento foi apresentado por Oliveira et al. (2010) no consórcio de alface ‘Vera’ e rúcula ‘Cultivada’ em arranjo de plantas 1:1 e adubação mineral a eficiência foi de 1,53.

O menor índice EUA do consórcio alface ‘Amanda’ e rúcula ‘Folha Larga’ foi observado quando não houve o fornecimento de N (0,39), explicado pela acentuada redução nas produtividades de alface e de rúcula. Barros Júnior et al. (2011) também verificaram que no consórcio sem adubação com N proporcionou o menor índice no consórcio de alface e rúcula 0,82. Estes autores ainda atribuiram que a queda no rendimento da rúcula, quando

somente a alface foi adubada, causou redução no índice de eficiência de uso da área.

Verificou-se ajuste de equação cúbica para produtividade de 'Lucy Brown', enquanto para produtividade da rúcula e índice EUA foram obtidos ajustes de equação exponencial (Figura 6 a, b, c).

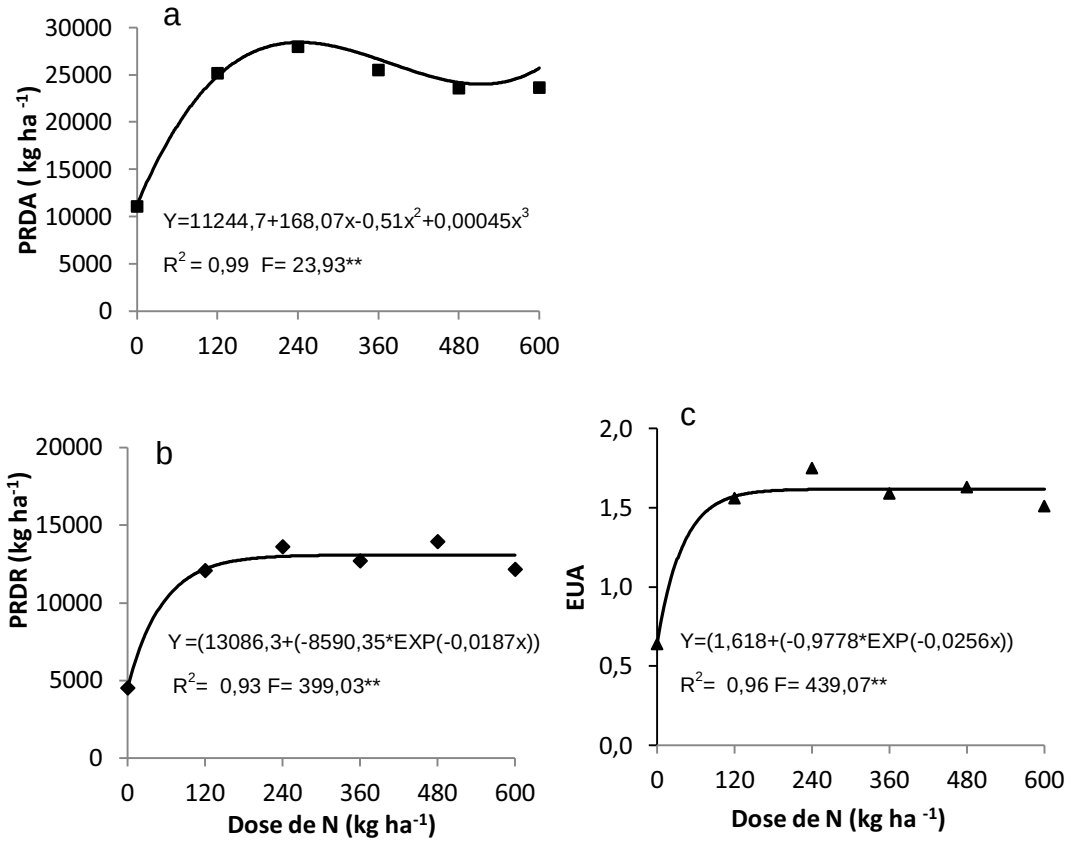

Figura 6. Produtividade de alface 'Lucy Brown' (a), rúcula em consórcio com 'Lucy Brown' (b) e eficiência de uso da área (c) em função da dose de nitrogênio (N).

Para alface 'Lucy Brown' o aumento da produtividade ocorreu até a dose de 243 kg ha^{-1} de N produzindo 28.427,73 kg ha^{-1} (Figura 6 a). Houve redução acima desta dose, sendo a produtividade reduzida em 10% quando aplicados 600 kg ha^{-1} de N. A aplicação de doses superiores da máxima resposta da cultura significaria o desperdício de adubo e prejuízo à produtividade. Com dose maior Silva et al. (2008), obtiveram 27.841,56 kg ha^{-1} de alface cv. 'Raider', com a aplicação de 320 kg ha^{-1} de N. Entretanto, com doses menores de N 120 kg ha^{-1} foi possível maximizar as produtividades das alfaces 'Pich Awazi' e 'Pich Varamini'(Boroujerdnia e Ansari, 2007), porém maiores doses causaram reduções.

Para ‘Lucy Brown’ (Figura 6a) verificou-se redução de 60% na produtividade em relação à máxima obtida, quando o consórcio não foi adubado com N. Nesta condição, foi observado amarelecimento das folhas mais velhas e não formação da cabeça. Hoque et al. (2010) também observaram que as plantas de alface quando não foram adubadas com N, não atingiram o tamanho comercial. Ainda segundo estes autores a dose que proporcionou a máxima produtividade da alface foi de 225 kg ha^{-1} de N.

A maior diminuição da produtividade da rúcula foi verificada quando não houve o fornecimento de nitrogênio ao consórcio, reduzindo em cerca de 65% (13.086,16 kg ha^{-1}) em relação a máxima produtividade (16.069,11 kg ha^{-1}) (Figura 6 b).

Utilizando-se do mesmo critério adotado para a massa seca da parte aérea, a partir da dose de 124 kg ha^{-1} a produtividade tendeu a estabilizar, não havendo incrementos maiores do que 0,1% da máxima produtividade estimada, ou seja, menos de 16,07 kg ha^{-1} de rúcula para cada 1 kg ha^{-1} de N adicionado à adubação.

O aumento da EUA do consórcio de alface ‘Lucy Brown’ e rúcula ocorreu com o acréscimo da dose de N, alcançado o máximo valor (1,62) com dose estimada de 600 kg ha^{-1} de N. Entretanto, os incrementos observados no índice EUA a partir de 110 kg ha^{-1} de N, para cada 1 kg ha^{-1} de N adicionado, não foram maiores do que 0,1% do máximo valor do índice EUA estimado. Nesta dose, o índice EUA estimado foi de 1,56, que correspondeu a 96% do máximo estimado. O menor índice EUA do consórcio alface ‘Lucy Brown’ e rúcula ‘Folha Larga’ foi observado quando não houve o fornecimento de N (0,64).

De acordo com o índice EUA de 1,56, tem-se que um hectare de consórcio produz a mesma quantidade de alface e de rúcula em 1,56 ha das monoculturas (0,78 ha de alface e 0,78 ha de rúcula), ou seja, 56% mais eficiente. Índice menor foi observado por Costa et al. (2007), no outono/inverno o consórcio da alface 'Tainá’ e rúcula Cultivada semeada no mesmo dia do transplante da alface obteve índice de eficiência de 1,27. Rezende et al. (2006) afirmam que quando constata-se a eficiência do uso da terra nos consórcios, significa que há maior aproveitamento dos fatores que influenciam na produção como luz, solo, água e nutrientes. No entanto, a eficiência de um

consórcio não pode ser baseada somente nesse índice pois, não leva em consideração a qualidade dos alimentos produzidos, mas apenas a quantidade produzida por área (BARROS JÚNIOR et al., 2011).

Os acúmulos de N em alface ‘Amanda’, ‘Lucy Brown’ e em rúcula consorciada com ambas cultivares de alface ajustaram-se ao modelo exponencial (Figura 7 a, b, c, d).

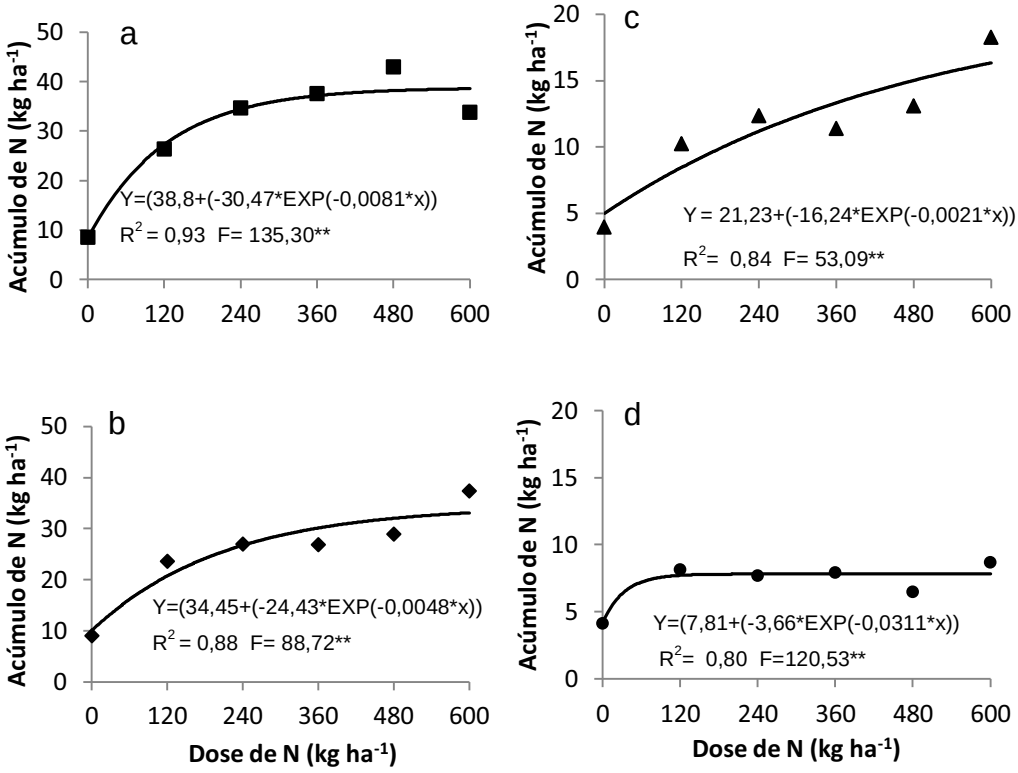

Figura 7. Acúmulo de N pela alface ‘Amanda’ (a) e ‘Lucy Brown’ (b), e pela rúcula consorciada com ‘Amanda’ (c) e ‘Lucy Brown’ (d), em função da dose de nitrogênio (N).

Os incrementos das doses de N proporcionaram aumentos para o acúmulo de N nas alfaces ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ e da rúcula ‘Folha Larga’, tanto em consórcio com ‘Amanda’ como com ‘Lucy Brown’. Aumento no acúmulo de N também foi observado por Manojlović, Cabilovski e Bavec (2010), que ao aplicar doses de N provenientes de fontes orgânicas no solo para o monocultivo de alface, obtiveram maiores acúmulos de N pela cultura em relação ao tratamento em que não foi realizada a adubação. No entanto, conforme o índice EUA de ‘Amanda’ e rúcula ‘Folha Larga’, a recomendação que mais beneficia o consórcio é a aplicação de 180 kg ha^{-1} de N. Nessa dose

o acúmulo estimado de N foi de 31,71 e 9,90 kg ha^{-1} na alface e rúcula respectivamente, totalizando a exportação de 41,61 kg ha^{-1} de N pelo consórcio. Já para o índice de EUA do consórcio de ‘Lucy Brown’ e rúcula ‘Folha Larga’ a dose recomendada foi de 110 kg ha^{-1} de N e com essa dose, o acúmulo de N foi de 20,04 e 7,67 kg ha^{-1} para alface e rúcula, com exportação total de N de 27,71 kg ha^{-1}.

Com acúmulo semelhante, Benini et al. (2005) observaram que a cultivar ‘Verônica’ extraiu 49,70 kg ha^{-1} de N no cultivo convencional. Verificando acúmulos maiores que o deste experimento Lopes et al. (2003), com o monocultivo de alface cv. ‘Lucy Brown’ em hidroponia obtiveram 84,8 kg ha^{-1} de N. Grangeiro et al. (2006) analisaram cultivares de alface e observaram acúmulos de 75, 50 e 60 kg ha^{-1} de N para as cultivares Babá de verão, Tainá e Verônica, respectivamente. Valores maiores ainda foram observados por Sanchez et al. (2002), que avaliando a influência da adubação nitrogenada, em fertirrigação, para cultivar de alface ‘Coolguard’, verificaram que o N acumulado aumentou com a aplicação de doses de N, obtendo 129,9 kg ha^{-1} de N com a maior dose aplicada (200 kg ha^{-1} de N).

O não fornecimento de N ao consórcio implicou nos menores acúmulos, sendo extraídos pelas alfaces ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ 8,33 e 10,02 kg ha^{-1} de N, enquanto a rúcula ‘Folha Larga’, quando em consórcio com ‘Amanda’ e ‘Lucy Brown’ apresentaram acúmulos de 4,99 e 4,15 kg ha^{-1} de N (Figura 7).

5 CONCLUSÕES

A máxima produtividade da alface ‘Amanda’ (27.753 kg ha^{-1}), em cultivo consorciado com rúcula ‘Folha Larga’, é obtida com 290 kg ha^{-1} de nitrogênio.

A máxima produtividade da alface ‘Lucy Brown’ (28.427 kg ha^{-1}), em cultivo consorciado com rúcula ‘Folha Larga’, é obtida com 243 kg ha^{-1} de nitrogênio.

A máxima produtividade de rúcula ‘Folha Larga’ (13.777 kg ha^{-1}), em cultivo consorciado com alface ‘Amanda’, é obtida com 260 kg ha^{-1} de nitrogênio.

A máxima produtividade de rúcula ‘Folha Larga’ (12.245 kg ha^{-1}), em cultivo consorciado com alface ‘Lucy Brown’, é obtida com 124 kg ha^{-1} de nitrogênio.

A adubação nitrogenada proporciona incremento no índice de eficiência de uso da área do consórcio de alface ‘Amanda’ e rúcula ‘Folha Larga’, de 0,39, sem adubação com nitrogênio, para 1,55 com 180 kg ha^{-1} de nitrogênio.

A adubação nitrogenada proporciona incremento no índice de eficiência de uso da área do consórcio de alface ‘Lucy Brown’ e rúcula ‘Folha Larga’, de 0,64, sem adubação com nitrogênio, para 1,56 com 110 kg ha^{-1} de nitrogênio.

O aumento na dose de nitrogênio para o consórcio de alface ‘Amanda’ ou ‘Lucy Brown’ com rúcula ‘Folha Larga’ proporciona incrementos nas quantidades exportadas de nitrogênio tanto nas alfaces quanto na rúcula.

Na dose de nitrogênio que maximiza o índice de eficiência de uso da área do consórcio de alface ‘Amanda’ e rúcula ‘Folha Larga’, a exportação de nitrogênio pelo consórcio é de 41,6 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Na dose de nitrogênio que maximiza o índice de eficiência de uso da área do consórcio de alface ‘Lucy Brown’ e rúcula ‘Folha Larga’, a exportação de nitrogênio pelo consórcio é de 27,7 kg ha^{-1} de nitrogênio.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. F.; SOUSA, K. T. S.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 5, p. 12-17, 2011.

AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; ABAURRE, M. E. O.; CECON, P. R.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; CASTRO, M. R. S. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p 381-386, 2007.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. Software AgroEstat – Sistema de análises estatíticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2011.

BARROS JÚNIOR, A. P.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L.; PÔRTO, D. R. Q.; PRADO, R. M. Nitrogen fertilization on intercropping of lettuce and rocket. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 398-403, 2011.

BARROS JÚNIOR, A. P.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; PÔRTO, D. R. Q.; PRADO, R. M.; SILVA, G. S. Adubação nitrogenada em consórcio de alface e rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, (Suplemento – CD Rom) S. 1000-S1006, 2009.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas.** Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. NH^{4+} toxicity in higher plants: a critical review. **Journal of Plant Physiology,** v. 159, p. 567–584, 2002.

BOROUJERDNIA, M.; ANSARI, N. A. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and cultivars on growth, yield and yield components of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology,** v. 1, n. 2, p. 47-53, 2007.

BOZKURT, S.; MANSUROGLU, G. S.; KARA, M.; ÖNDER, S. Responses of lettuce to irrigation levels and nitrogen forms. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 11, p. 1171-1177, 2009.

CARNICELLI, J. H.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R.; CAMARGO, M. I. Índices de nitrogênio na planta relacionados com a produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 808-810, 2000.

CARVALHO, K. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVEIRA, M. H. D.; CABRAL, C.E.A.; LEITE, N. Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, p. 1545-1543, 2012.

CAVARIANNI, R. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CAZETTA, J. O.; MAY, A.; CORRADI, M. M. Nutrient contents and production of rocket as affected by nitrogen concentrations in the nutritive solution. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n. 6, p. 652-658, 2007.

CECÍLIO FILHO, A. B.; COSTA, C. C.; REZENDE, B. L. A.; LEEWEN, R. V. Viabilidade produtiva e econômica do consórcio entre chicória e rúcula em função da época de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 316-320, 2008.

CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; COSTA, C. C. Efeito da consorciação na rentabilidade da cultura da alface cultivada em ambiente protegido. **Científica**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.130 - 138, 2008.

CECÍLIO FIHO, A. B.; MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete e função da época de estabelecimento do consórcio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 501-504, 2002.

CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo solados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 200-207, 2006.

COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C.; GRANGEIRO, L. C. Viabilidade agronômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n.1, p. 34-40, 2007.

COSTA, C. C.; REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MARTINS, M. I. E. G. Viabilidade econômica dos consórcios de grupos de alface com rúcula, em duas épocas de cultivo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, p. 27-42 , 2008.

DZIDA, K.; JAROSZ, Z.; MICHALOJC, Z.; NURZYNSKA-WIERDAK, R. The influence of diversified nitrogen and liming fertilization on the yield and biological value of lettuce . **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v.11, n. 3,p. 239-246, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos. [et al.]. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF : 2013. 353 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Manejo do nitrogênio. In: FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 51-94.

GRANGEIRO, L. C. ; COSTA, K. R. ; MEDEIROS, M. A. DE ; SALVIANO, A. M.; NEGREIROS, M. Z. ; BEZERRA NETO, F. ; OLIVEIRA, S. K. . L. DE. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 190-194, 2006.

GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F.; NEGREIROS, M.; MARROCOS, S.; LUCENA, R.; OLIVEIRA, R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p.11-16, 2011.

GRANGEIRO, L. C.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z. ; CECÍLIO FILHO, A. B.; CALDAS, A. V. C.; COSTA, N. L. . Produtividade da beterraba e rúcula em função da época de plantio em monocultivo e consórcio. **Horticultura Brasileira,** Brasília, v. 25, n. 4, p. 577-581, 2007.

HENRIQUES, A. R. P.; MARCELIS, L. F. M. Regulation of Growth at Steady-state Nitrogen Nutrition in Lettuce (*Lactuca sativa* L.): Interactive Efects of Nitrogen and Irradiance. **Annals of Botany 86**, v. 86, p.1073-1080, 2000.

HOQUE, M. M.; AJWA, H.; SMITH, M. O. R.; CAHN, M. Yield and Postharvest Quality of Lettuce in Response to Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilizers. **HortSccience**, v. 45, n. 10, p. 1539–1544, 2010.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. Acúmulo de nutrientes e resposta da alface à adubação fosfatada. **Biotemas**, Florianópolis, v.25, n.3, p.39-47, 2012.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. Acúmulo de nutrientes pela alface destinada à produção de sementes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n. 1, p. 70-77, 2011.

LIU, C. W.; SUNG, Y.; CHEN, B. O.; LAI, H. Y. Effects of Nitrogen Fertilizers on the Growth and Nitrate Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v.11, p. 4427-4440, 2014.

LOPES, M. C.; FREIER, M.; MATTE, J. C.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; NOGAROLLI, E. L.; SEVIGNANI, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 211-215, 2003.

MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. O.; PAULINO, M. A. O.; BARBOSA, F. S.; MARTINS, E. R.; COSTA, C.A. Uma leitura sobre a perspectiva do cultivo consorciado. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 12, n. 1/2, p. 9-14, 2010.

MANOJLOVIĆ, M.; ČABILOVSKI, R.; BAVEC, M. Organic materials: sources of nitrogen in the organic production of lettuce. Turkish Journal of Agriculture & Forestry, v. 34, p.163-172, 2010.

MICROCAL SOFTWARE. **Origin version 6.1.** Northampton, MA: Microcal Software, Inc., 2000.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **A cultura da rúcula**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998. p. 19.

NASCIMENTO, C. S.; CECÍLIO FILHO, A. B.; NASCIMENTO, C. S.; SILVA, H. M.; ALVES, A. P. L. A. Densidades populacionais de consórcios de alface e rúcula: efeitos na produtvidade das culturas. **Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v. 13, p. 1-4, 2011.

OLIVEIRA, Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1. p. 36-40, 2010.

OLIVEIRA, E, Q.; BEZERRA NETO, F. B.; NEGREIROS, M.; BARROS JÚNIOR, A. P.; FREITAS, K. K. C.; SILVEIRA, L. M.; LIMA, J. S. S. Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e de alface. **Horticultura Brasileira,** Brasília, v. 23, p. 285-289, 2005.

OLIVEIRA, E. Q.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; BARROS JUNIOR, A. P. Desempenho agroeconômico do bicultivo de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p. 712-717, 2004.

OLIVEIRA, A. P.; PAIVA SOBRINHO, S. ; BARBOSA, J. K. A.,; RAMALHO, C. I.; OLIVEIRA, A. L. P. Rendimento de coentro cultivado com doses crescentes de N. **Horticultura Brasileira**, Brasília , v. 21, n. 1, 2003.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília,v.28, n.1, p. 36-40, 2010.

PURQUERIO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (Eruca sativa Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio. 2005.** 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L.; GOTO, R.; BOAS, R. L. V. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 464-470, 2007.

RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RATKE, R. F.; VERGINASSI, A.; BASTO, D. C.; MORGADO, H. S.; SOUZA, M. R. R. F.; FERNANDES, E. P. Production and levels of foliar nitrogen in rocket salad fertilized with controlled-release nitrogen fertilizers and urea. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 246-249, 2011.

REIS, A. R.; FURLANI JUNIOR, E. ; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n.1, 2006.

RESENDE, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; MOTA, J. H.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. Rendimentos e teores de macronutrientes em alface tipo americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 153-163, 2009.

RESENDE, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J. Rendimento e teores de macronutrientes em alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p. 373-378, 2012.

REZENDE, B. L. A.; CANATO, G. H. D.; CECÍLIO FILHO, A. B. Influência das épocas de cultivo e do estabelecimento do consórcio na produção de tomateiro e alface consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 77, 2005.

REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; FELTRIM, A. L.; COSTA, C. C.; BARBOSA, J. C. Viabilidade da consorciação de pimentão com repolho, rúcula,alface e rabanete. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, 36-41, 2006.

REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; FABIO, C. MARTINS, M. I. E. G. Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 853-858, 2005.

REZENDE, B. L. A; COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MARTINS, M. I. E. G.; SILVA GS. Análise econômica de cultivos consorciados de alface e americana x rabanete: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 853-858, 2005.

SADILOVA, E; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant (*Solanum melongena* L.) and violet pepper *Capsicum annuum* L.) peel extracts. **Journal of Biosciences**, Bangalore, v. 61, n.7-8, p.527-535, 2006.

SALA, F. C; ROSSI, F.; FABRI, E. G.; RONDINO E.; MINAMI, K.; COSTA, C. P. Caracterização varietal de rúcula. In: Anais do 44º CBO. Hort. Bras*.,* Campo Grande, 22. Suplemento CD-ROM. 2004.

SALGADO, A. S.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; SALGADO, J. A. A. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1141-1147, 2006.

SÁNCHEZ, L. R.; CRESPO, A. P.; BOTÍA, C. P.; SIRONI, J. S.; SÁNCHEZ, A. A. Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. **Investigación Agrária: Producción y Protección Vegetal**, Madrid, v. 17, n.2, 2002.

SILVA, F. A. M.; BÔAS, R. L. V.; SILVA, R. B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum Agronomy***,* Maringá*,* v.32, n.1, p. 131-137, 2010.

SILVA, P. A. M.; Pereira, g. m.; Reis, R. P.; Lima, L. A.; Taveira, J. H. S. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 32, n. 4, p.1266, 2008.

SOUNDY, P.; CANTIFFE, D. J.; HOCHMUTH, G. J.; STOFFELLA, P. J. Management of nitrogen and irrigation in lettuce transplant production affects transplant root and shoot development and subsequent crop yields. **HortScience**, v. 40, p. 607-610, 2005.

SOUZA, A. H. A.; SILVA, E. S.; SANTI, A. Doses de nitrogênio aplicadas na cultura da alface americana via fertirrigação. In: 2ª JORNADA CIENTÍFICA, 2009, Barra dos Bugres. Anais. Barra dos Bugres: UNEMAT, 2009. p. 1450-1455.

SOLINO, A. S. S.; FERREIRA, R. O.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. A.; NEGREIRO, J. R. S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto**. Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 18, 2010.

SOUNDY, P.; CANTIFLE, D. J. Improving lettuce transplant quality in response to nitrogen nutrition in a floatation production system. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 114, p. 294-303, 2001.

STEINER, F.; ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V. F. Produção de alface 'Piraroxa' afetada pela adubação nitrogenada com fertilizante orgânico e mineral. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 11, n. 3, p.77-83, 2012.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. G.; FIOREZE, S. 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.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. Hortaliças. In: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997. p. 157-164. (Boletim Técnico, n. 100).

TRANI, P. E.; GRANJA, N. P.; BASSO, L. C.; DIAS, D. C. F. S.; MINAMI, K. Produção e acúmulo de nitrato pela rúcula afetados por doses de N. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, p. 25-29, 1994.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A. R.; AZEVEDO FILHO, J. A. Recomendação de calagem e adubação para rúcula. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico 100).

VIEGAS NETO, A. L.; HEINZ, R.; GONÇALVES, M. C.; CORREIA, A. M. P.; MOTA, L. H. de S.; ARAÚJO, W. D. Milho pipoca consorciado com feijão em diferentes arranjos de plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.1, p. 28-33, 2012.

UCHIDA, R. Essential Nutrients for Plant Growth: Nutrient Functions and Deficiency Symptoms. In: SILVA, J. A.; UCHIDA, R. **Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture.** College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa, 2000. cap. 3, p.31-55,

WALKER, R. L.; BURNS, L. G.; MOORBY, J. Responses of plant growth rate to nitrogen supply: a comparison of relative addition and N interruption treatments. **Journal Experimental Botonay***,* Lancaster, v.52, n. 355, p.309-317, 2001.