

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS, CURSO DE MESTRADO

**ERVA CIDREIRA BRASILEIRA (*Lippia alba* (Mill.) N.E.
Br.) CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras
E DOSES DE NITROGÊNIO**

AGLAIR CARDOSO ALVES

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO – 2015

**Erva cidreira brasileira (*Lippia alba* (Mill.) N.E. Br.) CULTIVADA SOB
MALHAS FOTOCONVERSoras E DOSES DE NITROGÊNIO**

AGLAIR CARDOSO ALVES

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Cruz das Almas, 2012

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

**ORIENTADOR: PROF. DR. ANACLETO RANULFO DOS SANTOS
COORIENTADORA: PROF^a. DR^a. GIRLENE SANTOS DE SOUZA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

A474e

Alves, Aglair Cardoso.

Erva cidreira brasileira (*Lippia alba* (Mill.) N.E. Br.)
cultivada sob malhas fotoconversoras e doses de nitrogênio /
Aglair Cardoso Alves. – Cruz das Almas, BA, 2015.
107f.; il.

Orientador: Anacleto Ranulfo dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias,
Ambientais e Biológicas.

1.Erva-cidreira – Cultivo. 2.Plantas medicinais – Plantas
oleaginosas. 3.Adubação – Nitrogênio na agricultura –
Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.
II.Título.

CDD: 633.88

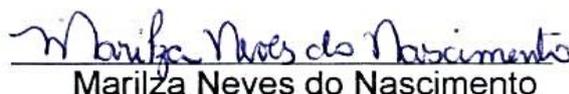
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS, CURSO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
AGLAIR CARDOSO ALVES



Anacleto Ranulfo dos Santos

Prof. Dr. da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
(Orientador)



Marilza Neves do Nascimento

Prof^a Dr^a da Universidade Estadual de Feira de Santana



Clovis Pereira Peixoto

Prof Dr da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Solos e
Qualidade de Ecossistemas em.....conferindo o Grau de
Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em

Aos meus pais Antônio e Leonice pelo apoio, confiança e amor que sempre me dedicaram.

DEDICO

A minha irmã, e meu noivo Fábio pelo companheirismo e amizade compartilhada.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Acredito que um dos maiores desafios para mim neste momento é expressar o mais sincero sentimento de gratidão em apenas duas paginas a todos que de uma forma ou de outra, estiveram comigo me apoiando e contribuindo, na execução da minha dissertação e que me inspiraram ao longo destes dois anos.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me guiado e dado forças por mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais Antonio e Nice, Obrigada pai, obrigada mãe, pelos esforços que possibilitaram minha formação profissional e pessoal, sem os seus contínuos suportes e apoios eu dificilmente faria tudo o que fiz. A minha irmã Delnice e meus sobrinhos fontes infinitas de inspiração e amor! E todo restante de minha família pela sempre presença e apoio, estes, fundamentais para que chegasse até aqui.

Ao meu amor, Fábio Nascimento de Jesus, e seus familiares especialmente, minha sogra Ana Maria, por estarem comigo me auxiliando dando carinho, apoio, amizade, conforto e principalmente paciência em todas as horas. Fábio Nascimento, mais uma vez muito obrigada, amo-te muito e espero tê-lo para sempre.

A CAPES - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e a pós Graduação em Solos e qualidade de Ecossistemas pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos e a Prof^a. Dr Girlene Silva de Souza, pela orientação, confiança, oportunidade concedida, apoio e ensinamentos durante todo esse tempo de convivência, muito obrigada!

A professora Angélica Lucchese e aos funcionários e amigos do Laboratório de Produtos Naturais da UEFS, estendendo assim o agradecimento a esta universidade.

Ao professor Manoel Teixeira e sua aluna de iniciação científica Elayne Katia dos Santos, sem vocês avaliações de trocas gasosas não seriam possíveis. Muito Obrigada!

Ao professor Pericles Barreto Alves e seu aluno de iniciação científica Hamilton Vieira Santos, Obrigada, infinitamente obrigada por me auxiliarem com as análises de cromatografia algo completamente novo para mim!

Ao professor André Dias e suas alunas Alide Mitsué Watanabe e Bárbara Lima, e todas as pessoas do laboratório de Bioquímica pelas orientações, e principalmente pelo uso dos materiais e equipamentos deste laboratório.

À Profa. Delmira Costa Silva e a todos do Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da Universidade Federal Santa Cruz (UESC), estendendo assim o agradecimento a esta universidade.

Aos membros do grupo de pesquisa Manejo de Nutrientes no Solo e em plantas cultivadas, muito grata a todos vocês!

Ao estudante de graduação em Licenciatura em Biologia Gabriel Lima pelo auxílio e paciência com os cortes anatômicos.

Aos nobres amigos do Mestrado de Solos e Qualidade de Ecossistemas, Sérgio Parra, Elielson Lima, Taíza Nogueira, Paula Núbia, José Ivo, Ringo Benjamim, Elisa Falcão, Vanuze Oliveira, Gerlange e Maria Higina.

Enfim para todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO..... 11

Capítulo 1

CRESCIMENTO, FOTOSSÍNTESE E DIAGNOSE NUTRICIONAL DE *Lippia alba* (MILL.) N.E. Br CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras E DOSES NITROGÊNIO 18

Capítulo 2

RENDIMENTO, COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL, ANATOMIA E TROCAS GASOSAS DE *Lippia alba* (MILL.) N.E. Br CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras E DOSES NITROGÊNIO 66

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 100

APÊNDICES 101

***Lippia alba* (Mill) N.E. Br CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras E DOSES DE NITROGÊNIO**

Autor: Aglair Cardoso Alves

Orientador: Anacleto Ranulfo dos Santos

Coorientador: Girlene Santos de Souza

RESUMO: A erva cidreira (*Lippia alba* (Mill) N.E. Br), é uma planta medicinal, largamente empregada na medicina popular, na forma de chás, possui ação calmante, antiespasmódica, analgésica, sedativa e citostática, no entanto, o conhecimento fitotécnico da espécie é bastante limitado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de malhas coloridas e doses de nitrogênio no cultivo de *L. alba*. As plantas foram cultivadas por 60 dias em delineamento experimental inteiramente casualizado com dez repetições, em esquema fatorial 5 X 3, sendo cinco doses de N (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) tendo como fonte a ureia e três condições de qualidade de luz com malhas ChromatiNet nas cores (azul e vermelha) e a pleno sol, foram avaliados os parâmetros de crescimento, diagnose nutricional, trocas gasosas, eficiência fotossintética, rendimento, teor e composição do óleo essencial, além das estruturas anatômicas das plantas de erva cidreira. Houve efeito significativo da interação entre a qualidade de luz e doses de nitrogênio pelo teste F da análise de variância para os parâmetros de altura (ALT), comprimento de raiz (CR), clorofila *a*, *b*, *total* (*a+b*), teores de nitrogênio e fosforo no caule (NC; PC), raiz (NR; PR), folha (NF; PC) e total (NT; PT), para as trocas gasosas, eficiência fotossintética e características anatômicas. Através dos resultados pode-se concluir que a adubação nitrogenada favorece, o rendimento de óleo essencial de erva cidreira, já o cultivo sob malhas, apesar de representar incrementos nas características de crescimento das plantas, não possibilitaram conversão em ganhos de produção do ponto de vista econômico, pois apesar da maior quantidade de ativos, os compostos majoritários (neral e geranial) do óleo essencial não sofreram influencia dos tratamentos. No entanto, o cultivo sob malhas coloridas influencia a qualidade do óleo essencial de erva cidreira, já que, no presente estudo, pode-se notar a presença de carvona (ativo importante para indústria alimentícia e no controle biológico) apenas no cultivo sobre as mesmas.

Palavras chave: óleo essencial, qualidade de luz, plantas medicinais.

***Lippia alba* (MILL) N.E. Br GROWN UNDER shading nets AND NITROGEN DOSES**

Author: Aglair Cardoso Alves

Adviser: Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Advisor: Girlene Santos de Souza

ABSTRACT: The lemon grass (*Lippia alba* (Mill) NE Br), is a medicinal plant, widely used in folk medicine in the form of teas, has soothing, antispasmodic, analgesic, sedative and cytostatic action, however, the fitotécnico knowledge of the species is rather limited. The objective of this study was to evaluate the use of colored nets and nitrogen levels in *L. alba* cultivation. Plants were grown for 60 days in a completely randomized design with ten repetitions in a factorial 5 x 3, with five N rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ N) whose source urea x three light quality conditions with mesh ChromatiNet colors (blue and red) and full sun evaluated the growth parameters, nutritional diagnosis, gas exchange and photosynthetic efficiency, yield, content, essential oil as well as structures anatomical of lemongrass plants. There was a significant interaction between the quality of light and nitrogen by F test analysis of variance for the parameters of height (ALT), root length (CR), chlorophyll a, b, total (a + b), contents of nitrogen and phosphorus in the stem (NC; PC), root (NR; PR), leaf (NF; PC) and total (NT, NC), for gas exchange, photosynthetic efficiency and anatomical characteristics. From the results it can be concluded that the nitrogen favors the production of essential oils of lemongrass, already under cultivation meshes, despite representing increments in plant growth characteristics, did not allow conversion in view of the production gains economical because despite the higher number of assets, the major compounds (neral and geranial) essential oil did not suffer influence of treatments. However, cultivation under colored nets influences the quality of essential oil of lemon balm, since, in this study, one can note the presence of carvone (important asset for the food industry and in biological control) only in cultivation on the same

Keywords: essential oil, herbal, light quality

INTRODUÇÃO

A utilização de plantas medicinais é prática tradicional existente entre comunidades e grupos étnicos de todo o mundo, para tratamento, cura e prevenção de doenças, atualmente seu uso recebe incentivo da Organização Mundial de Saúde (OMS), o que tem favorecido o intenso crescimento do mercado dessas espécies (NASCIMENTO et al., 2005).

No Brasil as perspectivas que envolvem produção, consumo e venda de plantas medicinais são positivas, já que, o país possui grande extensão territorial e condições climáticas diversas, fazendo com que a flora brasileira possua inúmeras espécies vegetais, muitas consideradas importantes matérias-primas, outras já incorporadas ao hábito alimentar dos brasileiros e algumas pouco conhecidas e potencialmente benéficas PEREIRA e CARDOSO, 2012; BRASIL, 2012).

No entanto, apesar da crescente demanda de plantas medicinais, para suprir as diversas indústrias, constata-se que essas espécies são importadas para atender a demanda do país. Isso ocorre, devido a oferta irregular, além da baixa qualidade dos produtos de espécies genuinamente brasileiras, o extrativismo predatório põem em risco a sobrevivência da espécie, levando a extinção e tornando seu ecossistema natural desequilibrado (TELES, 2010; MING, et al., 2012 SOUZA et al., 2014 a).

Dentre as espécies nativas que são amplamente utilizadas pela população brasileira, encontra-se a erva cidreira (*Lippia alba* (Mill) N. E. Br.). conhecida também como cidreira, erva-cidreira brasileira, erva-cidreira-do-campo, falsa-melissa, alecrim-do-campo, alecrim-selvagem, cidreira brava, salva (EHLERT et al., 2013). Esta possui importância econômica e medicinal devido à presença dos óleos essenciais, que possui componentes bioquímicos de ação terapêutica cientificamente comprovados, além do mais, os ativos presentes no óleo essencial, constituem um dos mais importantes grupos de matéria prima para indústria, farmacêutica, perfumaria e afins (SOARES e DIAS. 2013).

As plantas medicinais, como qualquer outra cultura, necessitam de diversas técnicas de cultivo, colheita e pós-colheita, a fim de determinar métodos que proporcionem, concomitantemente, maior acúmulo de fitomassa e de constituintes químicos de interesse (EHLERT et al., 2013).

De acordo com Calixto (2000) a capacidade que a planta medicinal possui em produzir metabolitos secundários e desenvolver-se não depende apenas do potencial genético da espécie mais de um conjunto de fatores como, por exemplo, fatores climáticos, umidade, luminosidade, nutrição, parte da planta utilizada, método de transporte, armazenamento, secagem e processo de extração. Todos esses fatores podem modificar a composição desses produtos, afetando diretamente sua segurança e eficácia.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas, pois mesmo influência o crescimento das espécies e está diretamente relacionado ao metabolismo do vegetal, estando presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas, coenzimas e enzimas, além de participam da síntese de vitaminas e hormônios entre outros compostos (BREDEMEIER e MUNDSTOCK 2000).

Plantas medicinais submetidas a ambientes de baixa fertilidade geralmente apresentam uma maior produção de metabólitos secundários, particularmente derivados fenólicos, porém este fato não ocorre em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio e enxofre, em que a produção de metabólitos secundários é diminuída (GOBBO-NETO e LOPES 2007). Evidenciado a influência positiva do nitrogênio e sua importância na produção de plantas medicinais.

Costa et al. (2014) avaliando o desenvolvimento vegetativo, rendimento e composição do óleo essencial do patchouli submetido a diferentes doses de nitrogênio no plantio e manutenção, concluíram que a aplicação de 100 Kg ha⁻¹ de nitrogênio no plantio e 98 Kg ha⁻¹ de nitrogênio na manutenção proporcionaram maiores ganhos de massa seca foliar.

Pesquisas tem sido desenvolvidas por falta de informações agronômicas a respeito das exigências nutricionais de plantas medicinais com doses de nitrogênio, a exemplo de Souza et al. (2014 c) em plantas de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.)), Vieira et al. (2011) avaliando o cultivo da guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg], Rodrigues et al. (2014) com jambu (*Acmella oleracea* (L) R.K. Jansen), Serra et al. (2013) com calêndula

(*Calendula officinalis* L.). Estes estudos foram desenvolvidos, almejando encontrar respostas das espécies quando submetidas a adubações nitrogenadas. No entanto, somente foram avaliadas características de crescimento e desenvolvimento, o que as torna imprescindível, já que os princípios ativos estão contidos dentro da fitomassa das plantas (MONTANARI JUNIOR, 2010).

A qualidade da luz pode proporcionar melhor desempenho das plantas, já que, todas apresentam habilidade para modificar o seu modelo de desenvolvimento em resposta ao ambiente luminoso (LARCHER, 2004).

Diversos estudos envolvendo pesquisas com plantas medicinais, e o uso de malhas fotoconversoras no acúmulo de fitomassa, produção e composição de óleos essenciais, tem demonstrado a influencia da qualidade de luz, sobre a produção de medicinais, como foi constatado em plantas de *Rosmarinus officinalis* L (SOUZA et al., 2014 b), *Mentha piperita* (COSTA et al., 2012) e *Origanum vulgare* L. (CORRÊA et al., 2012). Além disso, as condições de luminosidade, aos qual uma espécie está adaptada, podem condicionar diferentes respostas anatômicas e crescimento como foram observadas em plantas *Ocimum selloi* (COSTA et al., 2010) e em *Cymbopogon nardus* L. (PERINI et al., 2011)

Neste contexto, a utilização de malhas fotoconversoras é uma alternativa para conseguir produzir plantas medicinais com qualidade, pois sendo a luminosidade um fator que influencia na produção de metabolitos secundários. A utilização de malhas fotoconversoras pode estabelecer diferentes condições de cultivo pela manipulação da intensidade e qualidade espectral, e assim obter vantagens, melhorando o rendimento dos cultivos.

Os aspectos agronômicos relacionandos ao efeito do nitrogênio, sobre a produção de óleos essenciais e produção de fitomassa de erva cidreira são raros na literatura. Tornando-se necessário, estabelecer uma adubação nitrogenada adequada para a produção de plantas medicinais , já que se sabe que o nitrogênio influencia a produção de fitomassa de substâncias ativas. Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a produção e qualidade de óleo essencial, além das características de crescimento da erva cidreira brasileira cultivada sob malhas fotoconversoras e doses de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 156 p. (**Série A. Normas e Manuais Técnicos**). (Série Cadernos de Atenção Básica 2012, n. 31) ISBN 978-85-334-1912-4

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

CALIXTO, J. B. Efficacy, safety, quality control, market and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.33, n.2, p. 179-189, 2000.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B.; REIS, E. S.; MOREIRA, C. M. Crescimento de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de folhas de orégano sob malhas coloridas. **Global Science And Technology**, v. 5, n. 1, p. 11-22, 2012.

COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; PINTO, J.; BERTOLUCCI, S. K. V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 534-540, 2012.

COSTA, A. G.; DESCHAMPS, C.; CÔCCO, L. C.; SCHEER, A. P. Desenvolvimento vegetativo, rendimento e composição do óleo essencial do patchouli submetido a diferentes doses de nitrogênio no plantio e manutenção. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 387-392, 2014.

COSTA, L. C. D. B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M. D.; ALVES, E.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ROSAL, L. F. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 349-359, 2010.

EHLERT, P. A. D.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M., FENANDES, D. M.; ROCHA, W. A., LUZ, J. M. Q.. SILVA, R. F. Influência do horário de colheita sobre o rendimento e a composição do óleo essencial de erva-cidreira brasileira [*Lippia Alba* (Mill.) NE Br.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.15, n.1, p.72-77, 2013.

GOBBO-NETO, L e LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004. 531p.

MING, L. C.; FERREIRA, M. I.; GONÇALVES, G. G. Pesquisas agrônômicas das plantas medicinais da Mata Atlântica regulamentadas pela ANVISA. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 131-137, 2012.

MONTANARI JUNIOR, I. Domesticação de plantas medicinais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 255, p. 52-56, 2010.

NASCIMENTO, V.T.; LACERDA, E.U.; MELO, J.G.; LIMA, C.S.A.; AMORIM, E.L.C.; ALBUQUERQUE, U.P.; Controle de qualidade de produtos à base de plantas medicinais comercializados na cidade de Recife – PE: erva-doce (*Pimpinella anisum* L.), quebra-pedra (*Phyllanthus* spp.), espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart.) e camomila (*Matricaria recutita* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.3, p. 56-64, 2005.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity** v. 3, n. 4: p. 146-152, 2012.

PERINI, V. D. M.; CASTRO, H. D.; CARDOSO, D. P.; LIMA, S. O.; AGUIAR, R. W. S.; MONENTE, V. G. Efeito da adubação e da luz na produção de biomassa do capim citronela. **Bioscience Journal**, v.27, n. 6, p. 924-931, 2011.

RODRIGUES, R. S.; CAMARGO, M. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A.; CORREA, J. N.; VIDAL, T. C. M. Influência da adubação com nitrogênio e fósforo na produção de Jambu, *Acmella oleracea* (L) R.K. Jansen. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.1, p. 71-76, 2014.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VIEIRA, M.C.; ROBAINA, A.D.; VERONESI, C.O.; NASCIMENTO, J.M.; MATOS, F.; CONRAD, V.A.; MORAIS, H.S.; GUIMARÃES, F.C.N. Eficiência nutricional do Nitrogênio e produção de biomassa em *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) em condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.1, p.78-85, 2013.

SOUZA, A. V.; OLIVEIRA, F. J. V.; BERTONI, B. W.; FRANÇA, S. C.; PEREIRA, A. M. S. Ocorrência de fungos micorrízicos em catuaba (*Anemopaegma arvense* (Vell.) Stell. ex de Souza–Bignoniaceae), uma planta medicinal do Cerrado em risco de extinção. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 646-654, 2014 a.

SOUZA, G. S.; SANTOS SILVA, J.; OLIVEIRA, U. C.; SANTOS NETO, R. B.; SANTOS, A. R. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de plantas de alecrim cultivadas sob telas coloridas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 232-239, 2014 b.

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; OLIVEIRA CARNEVALI, T.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. D. P. Q.; OLIVEIRA, M. T. Crescimento inicial de *Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.) em resposta à adubação com N e P. **CERNE**, v.20, n.3, p. 441-447, 2014 c.

SOARES, B. V.; TAVARES-DIAS, M. Espécies de *Lippia* (Verbenaceae), seu potencial biotivo e importância na medicina veterinária e aquicultura. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 109-123, 2013.

TELES, S. Avaliação do teor e da composição química das folhas de *Lippia alba* (Mill) N.E.Br. e *Mentha piperita* L. cultivadas em Cruz das Almas, Santo Antônio e Amargosa, submetidas às diferentes épocas de colheita e processos de secagem.

2010. 93 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2010.

VIEIRA, M. C.; PEREZ, V. B., HEREDIA, Z. N.; SANTOS, M. C.; PELLOSO, I.; PESSOA, S. M. Nitrogênio e fósforo no desenvolvimento inicial da guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg] cultivada em vasos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 542-549, 2011.

CAPÍTULO 1

CRESCIMENTO E DIAGNOSE NUTRICIONAL DE ERVA CIDREIRA BRASILEIRA (*Lippia alba* (Mill.) N.E. Br) CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras E DOSES NITROGÊNIO ¹

¹ Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.

CRESCIMENTO E DIAGNOSE NUTRICIONAL DE ERVA CIDREIRA BRASILEIRA (*Lippia alba* (Mill.) N.E. Br) CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras E DOSES NITROGÊNIO ²

Autor: Aglair Cardoso Alves

Orientador: Anacleto Ranulfo dos Santos

Coorientador: Girlene Santos de Souza

RESUMO: Avaliou-se a intensidade e qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoconversoras e doses de nitrogênio no cultivo de *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 X 3, sendo cinco doses de N (0; 40; 80; 120 e 160 Kg ha⁻¹) tendo como fonte a ureia e três condições de qualidade de luz com malhas ChromatiNet nas cores azul e vermelha (50% de sombreamento) e o tratamento a pleno sol (sem sombreamento). Foram avaliados: crescimento, índices fisiológicos e diagnose nutricional. Observou-se diferenças significativas entre as doses de N e a qualidade de luz para os parâmetros: altura, comprimento de raiz, acúmulo de N e P nas diferentes partes das plantas. A erva cidreira, cultivada sob malha azul produziram maiores medias de fitomassa seca de folha (MSF) e área foliar (AF) em relação aos demais tratamentos. A área foliar específica (AFE) e razão de peso foliar (RPF) mostrou ser mais influenciada pela intensidade luminosa que pela qualidade espectral. No cultivo a pleno sol as plantas de erva cidreira acumularam menor (4,30 g) fitomassaseca de folha, com baixo teor de pigmentos fotossintéticos. Tais resultados evidenciaram que a luz pode ser modulada durante o cultivo, e a qualidade de luz azul é uma boa opção quando o intuito for produção de MSF, e a dose estimada 102,00 kg ha⁻¹ de uréia promove maior (5,43 g) MSF, característica desejável, pois, a produção de fitomassa é também um objetivo importante no cultivo de plantas medicinais, já que os princípios ativos estão contidos na fitomassa.

Palavras chave: crescimento, erva cidreira brasileira, qualidade de luz.

² Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.

GROWTH, NUTRITIONAL DIAGNOSIS, GAS EXCHANGE AND EFFICIENCY OF photosynthetic *Lippia alba* (Mill.) N.E BROWN CULTIVATED UNDER shading nets AND NITROGEN DOSES

Author: Aglair Cardoso Alves

Adviser: Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Advisor: Girlene Santos de Souza

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the intensity and spectral quality of the light transmitted through color shading nets and nitrogen levels in *Lippia alba* cultivation (Mill) NE Brown. The experimental design was completely randomized in a factorial 5 x 3, with five N rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹) having as source the x and urea three light quality conditions with mesh ChromatiNet in blue and red colors (50% shading) and the treatment in full sun (0% shading). Were evaluated: growth, development, physiological indices, nutritional diagnosis, photosynthetic parameters and photosynthetic efficiency. Significant differences were observed between the N and the quality of light for the parameters: height, root length, leaf gas exchange and photosynthetic efficiency in addition to the accumulation of N and P in different parts of plants. A *L. alba*, grown under blue mesh produce higher dry leaf (MSF), and the variable leaf area (AF) had higher averages than the other treatments. The specific leaf area (SLA) and leaf weight ratio (RPF) was more influenced by light intensity that the spectral quality. Growing in full sun the *L. alba* plants shows lower (4.30 g) dry leaf, with low content of photosynthetic pigments. These results shows that the light can be modulated during cultivation, and the quality of blue light is a good choice when the goal is production of MSF, and the estimated dose 102.00 kg ha⁻¹ of urea promotes greater (5.43 g) MSF desirable feature, since the biomass is also a major goal of medicinal plants in the cultivation, since the active ingredients are contained within the biomass

Keywords: growth, Brazilian lemongrass, light quality.

INTRODUÇÃO

A capacidade que a planta medicinal possui em produzir metabolitos secundários e desenvolver-se não depende apenas do potencial genético da espécie mais de um conjunto de fatores como, por exemplo, cultivo e época de colheita, fatores climáticos, umidade, luminosidade, parte da planta utilizada, método de transporte, armazenamento, secagem e processo de extração. Todos esses fatores podem modificar a composição desses produtos, afetando diretamente sua segurança e eficácia (CALIXTO 2000; SILVA et al., 2015; MEIRA et al. 2012).

Diante da importância da luminosidade, surgiram no mercado as malhas fotoconversoras, que são telas coloridas com aditivos especiais que transformam a malha em um filtro fotoconversor, manejando os espectros de luz solar e transformando a luz direta em luz difusa, ou seja, são capazes de modificar tanto a quantidade como a qualidade da radiação solar transmitida, determinando modificações óticas da dispersão e reflectância da luz, proporcionando as plantas um aumento da atividade fotossintética, acelerando o crescimento vegetativo, permitindo dessa forma que se obtenha o produto da espécie trabalhada precocemente (CHAGAS et al., 2013).

Resultados positivos envolvendo alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas medicinais cultivadas sob malhas coloridas tem sido relatados por diversos autores (COSTA et al., 2010; CORREA et al., 2012; CHAGAS et al., 2013; SOUZA et al., 2013). Além da luminosidade a nutrição merece destaque, pois a deficiência ou excesso de nutrientes podem interferir no crescimento e fitomassa das plantas. Neste sentido, a pratica de adubação constitui-se em um dos principais fatores a avaliar na domesticação de espécies medicinais, a fim de obter uma nutrição adequada sem interferir o valor terapêutico das mesmas. .

O nitrogênio é utilizado para aumentar a produção de fitomassa. Contudo, sabe-se que este nutriente, não influencia apenas o metabolismo primário, podendo ser importante na produção dos metabólitos secundários (SOUZA et al., 2012). Deschamp et al. (2012) avaliando a produção de fitomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha x piperita* L em resposta a fontes e doses de nitrogênio, observaram que tanto a forma de nitrogênio aplicada, quanto a dose podem alterar significativamente a qualidade e teor do óleo essencial.

Quando se trata do cultivo de plantas medicinais, há uma ideia errônea, de

que por serem espécies que crescem e se desenvolvem espontaneamente no ambiente, há de ser fácil estabelecer um sistema de cultivo. As plantas medicinais necessitam de práticas agronômicas que maximizem a produção dos metabólitos secundários, que muitas vezes não parecem ter uma função direta no seu crescimento e desenvolvimento, mas a produção de fitomassa é também um objetivo importante, já que os princípios ativos estão contidos dentro da fitomassa (casca, folha, raiz etc) (MONTANARI JUNIOR, 2010).

A espécie *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown, popularmente conhecida como erva cidreira, erva cidreira brasileira, erva cidreira do campo, alecrim, alecrim do mato, alecrim do campo, tem importância farmacológica, sendo utilizada nos programas de fitoterapia do Brasil, devido às propriedades terapêuticas calmante, espasmolítico suave, analgésico, sedativo, ansiolítico e levemente expectorante, também é eficaz no alívio de pequenas crises de cólicas uterinas e intestinais (TAVARES et al., 2011; LUZ et al., 2014).

A avaliação do crescimento, fotossíntese e diagnose nutricional de erva cidreira submetida à doses de nitrogênio pode fornecer subsídios para que se estabeleça as melhores condições de cultivo da espécie, já que, quando se trata de plantas medicinais as informações agronômicas acerca das exigências nutricionais das culturas são deficientes.

Diante do exposto, o trabalho teve como objeto avaliar a crescimento, trocas gasosas, eficiência fotossintética e diagnose nutricional da erva cidreira cultivada sob malhas fotoconversoras e doses nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

Produção das plantas

As plantas de erva cidreira foram produzidas a partir de estacas em viveiro com nível de sombreamento de 50 % de transmitância na região fotossinteticamente ativa, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Os ramos utilizados para a estaquia foram produzidos a partir de uma planta matriz, cuja a espécie foi identificada pelo professor Doutor Márcio Lacerda Lopes Martins da UFRB e a

exsicata encontra-se depositada no Herbário da referida Universidade, situado em Cruz das Almas-Ba. O número de tombamento da planta é HURB 8806.

As estacas foram enraizadas em substrato espuma fenólicas, sendo estas conduzidas em bandejas de polipropileno de 200 células, com 15 cm de profundidade. A irrigação nesse período foi realizada diariamente com solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), modificada a ½ da força iônica. A solução nutritiva foi composta por macro e micronutrientes na concentração em mg L⁻¹: N=210, P = 31, K = 234, Ca = 200, Mg = 48 e S = 64, com pH = 5,6 (±1)

Após o enraizamento, as plantas foram transplantadas para vasos de plásticos 5 cm³ de capacidade, contendo uma mistura de solo, areia, Plantimax ® (3:1,5:0,5). O solo utilizado como substrato foi coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade e trata-se de um Latossolo amarelo, coletado no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA (Tabela 1).

Tabela 1: Características químicas do solo utilizado no experimento (anteriormente a aplicação de nitrogênio), Cruz das Almas 2014.

pH	P	K	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	S	V	MO
H ₂ O	- mg dm ⁻³ -		----- cmol dm ⁻³ -----				-----		----- % -----		
6,54	78	105	6,5	4,8	1,7	0,0	0,8	7,8	6,9	89,9	2,27

*Análise realizada no Laboratório de Análise de Fertilizantes, solo e Monitoramento Ambiental LTDA – LAFSMA, Cruz das Almas/ BA.

Implantação e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no campo experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no Município de Cruz das Almas, Bahia (12°40" S; 39°06" W; 226 metros de altitude, no período de janeiro de 2014 à março de 2014.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 10 repetições, uma planta por vaso, em esquema fatorial 5 X 3, sendo cinco doses de N (0; 40; 80; 120 e 160 Kg ha⁻¹) tendo como fonte a ureia e três condições de qualidade de luz: obtidas com o uso das malhas coloridas ChromatiNET vermelho e azul (Polysack Plastic Industries) e o tratamento a pleno sol que foi utilizado como testemunha. Totalizando 150 unidades experimentais.

A adubação de plantio com N foi realizada sete dias após as plantas serem transferidas para o vaso e a adubação de manutenção foi realizada vinte e cinco dias após a primeira adubação com nitrogênio na forma de ureia.

Análise de Crescimento

Aos 60 dias após a implantação do experimento em campo foram avaliados os seguintes dados de crescimento: altura da parte aérea medida com fita milimétrica tomada a partir do colo até o ápice da planta (gema terminal), o diâmetro do caule foi medido a 1 cm do solo, com o auxílio de paquímetro com precisão de 0,01 mm, com a utilização de uma proveta graduada foi determinado o volume da raiz onde colocou-se as raízes imersas na proveta, contendo um volume conhecido de água e pela diferença, obteve-se a resposta direta do volume de raízes, o comprimento de raiz foi realizado com um régua milimétrica e o número de folhas com base na contagem direta. Além disso, foram avaliados os teores de clorofila *a*, *b* e total ($a + b$) (ICF – Índice de Clorofila Folker), entre 8:00 e 10:00 horas da manhã, utilizando o medidor eletrônico de teor de clorofila Falker modelo-CFL1030.

Determinação da fitomassa

Aos 60 dias após o transplante foram coletadas as folhas, raiz e caule, estas foram acondicionadas individualmente em sacos de papel, colocadas em estufa, com circulação forçada de ar, $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, até atingir peso constante. Após o tempo foram analisadas as variáveis fitomassa seca da folha (MSF), fitomassa seca da caule (MSC), e fitomassa seca da raiz (MSR), utilizando-se de uma balança analítica com precisão de três casas. A partir deste, foram calculados massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e razão raiz/ parte aérea (R/PA).

Determinação dos índices fisiológicos

A área foliar foi determinada com a utilização de medidor portátil de área foliar ADC modelo AM-300. A partir dos valores de área foliar (AF) expressos em cm^2 , massa seca de folhas (MSF) e massa seca total (MST), ambos expressos em g, foram realizadas as análises de crescimento a partir de fórmulas matemáticas descritas por Peixoto (2011) onde foram determinados a razão de área foliar (RAF) que é determinada através da razão entre os valores da área foliar total e massa seca total, área foliar específica (AFE) parâmetro calculado através da razão entre a área foliar e a massa seca das folhas e razão de peso foliar (RMF) calculada pela razão entre a massa seca de folhas e massa seca total.

Determinação dos nutrientes da fitomassa vegetal

O material vegetal seco em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante, foi moído em moinho tipo Willy e padronizado com peneira de 20 mesh. Aproximadamente em 0,1 g da massa seca das folhas, caule e raiz foram submetidos digestão ácida em uma mistura de 3,5 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) e 3 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30%, conforme descrito em Jones (2001). Em seguida, o digerido foi diluído para 100 mL com água destilada, obtendo-se assim, o extrato para realização das análises de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

Os teores de K foram determinados por fotometria de chama (Faithfull, 2002), o de N pelo método espectrofotométrico do fenol-hipoclorito (Weatherburn, 1967) e o de P pelo método espectrofotométrico do molibdo-vanadato (Faithfull, 2002).

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com significância ($P < 0,05$) e foi realizado o teste de médias para avaliar o efeito da qualidade de luz (Tukey 5%), e estudo de regressão para as doses de nitrogênio empregando o programa estatístico SISVAR[®] 5.3 (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DICUSSÃO

Crescimento

Pode-se verificar que houve efeito significativo da interação entre a qualidade de luz e as doses de nitrogênio ($p \leq 0,01$) pelo teste F da análise de variância para os parâmetros de altura, comprimento de raiz, clorofila *a*, *b*, *total* (*a+b*), enquanto que os parâmetros volume de raiz e número de folhas, não apresentaram efeito da interação. O efeito simples tanto da qualidade de luz quanto de doses de N foi significativo para o volume de raiz, enquanto que, para o número de folhas, apenas o efeito das doses de N foi significativo. Para o diâmetro do caule, não foram observadas diferenças significativas. (Apêndice A; Apêndice B).

A altura das plantas se elevou com o aumento das doses de N quando as mesmas foram cultivadas sob a malha azul e a pleno sol, enquanto que sob malha vermelha não houve efeito significativo. A maior altura (146,64 cm) foi obtida nas plantas sob malha azul adubadas com 160 kg ha^{-1} de N, podendo-se notar que houve uma elevação de 16,94 e 20,59 % neste parâmetro, quando se comparou este tratamento com o pleno sol e malha vermelha adubadas com a mesma dose de N, respectivamente (Figura 1).

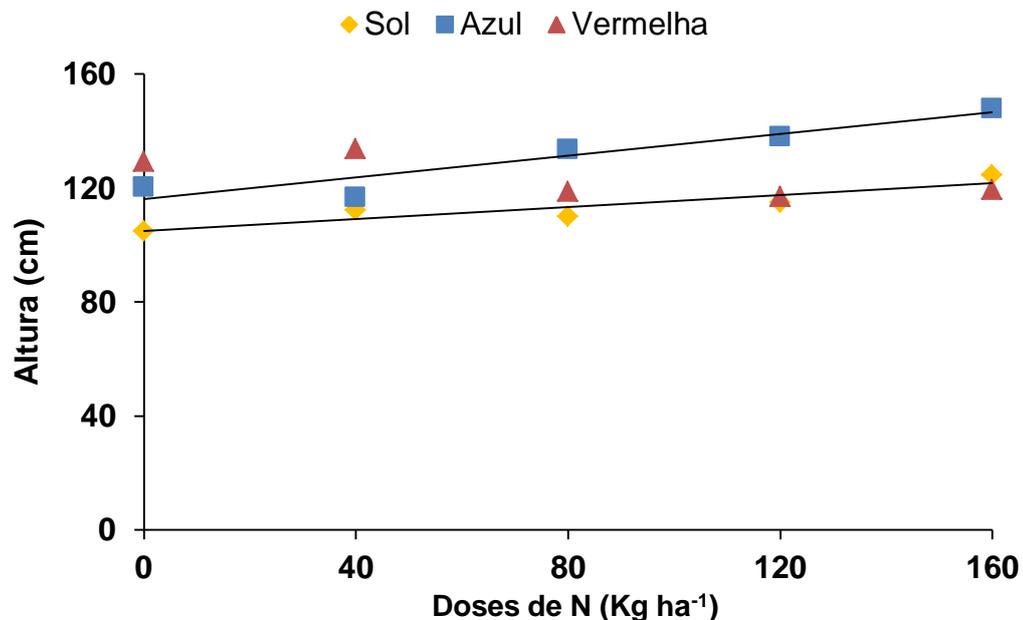


Figura 1: Azul $\hat{y}^{**} = 116,11 + 0,1908x$ $R^2 = 0,8862$; Pleno sol $\hat{y}^{**} = 105 + 0,105x$ $R^2 = 0,8315$. Altura das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Diante desses resultados, pode-se inferir que plantas de erva cidreira são sensíveis à qualidade de luz, visto que sob luz azul as mesmas apresentaram maior crescimento em relação aquelas sob malha vermelha e o ambiente a pleno sol. Resultados encontrados por Martins et al. (2008) avaliando o crescimento de alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.) cultivadas sob malhas coloridas também registraram maior comprimento de haste nas plantas sob malha azul, em relação a malha vermelha e tratamento a pleno sol.

De acordo com Rodrigues et al. (2002), a malha azul proporciona luz do espectro em comprimento de onda de 440-490 nm, intensificando a fotossíntese, além disso, segundo Lunz et al. (2014), essa resposta é atribuída ao mecanismo de estiolamento que ocorre em ambientes sombreados, otimizando a capacitação de luz.

Perini et al. (2011) avaliando o efeito da adubação e da luz na produção de fitomassa do capim citronela, concluíram que as plantas cultivadas sob sombrite apresentam maior crescimento em altura, e menor vigor.

Houve um acréscimo de 0,105 e 0,191 cm, na altura das plantas a cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado, para os tratamentos pleno sol e malha azul respectivamente, enquanto que sob malha vermelha constatou-se decréscimos de 0,0908 cm a cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado (Figura 1).

O desempenho linear crescente observado nas plantas sob malha azul e pleno sol, evidencia que as doses aplicadas não foram suficientes para que fosse encontrado o crescimento máximo das plantas de erva cidreira, mostrando então que as plantas responderiam à doses maiores que as estudadas.

May et al. (2010) avaliando a produção de fitomassa e óleo essencial de *Mentha citrata* em função do manejo cultural e adubação nitrogenada, não observaram efeito significativo das doses de N, no crescimento das plantas de mentha.

As plantas cultivadas sob pleno sol apresentaram maior número de folhas, com incrementos de 37,78 e 40,50 % neste parâmetro quando comparado aquelas plantas sob malhas azul e vermelha, respectivamente. Não houve diferença significativa para o número de folhas das plantas cultivadas sob malhas vermelha e azul (Figura 2).

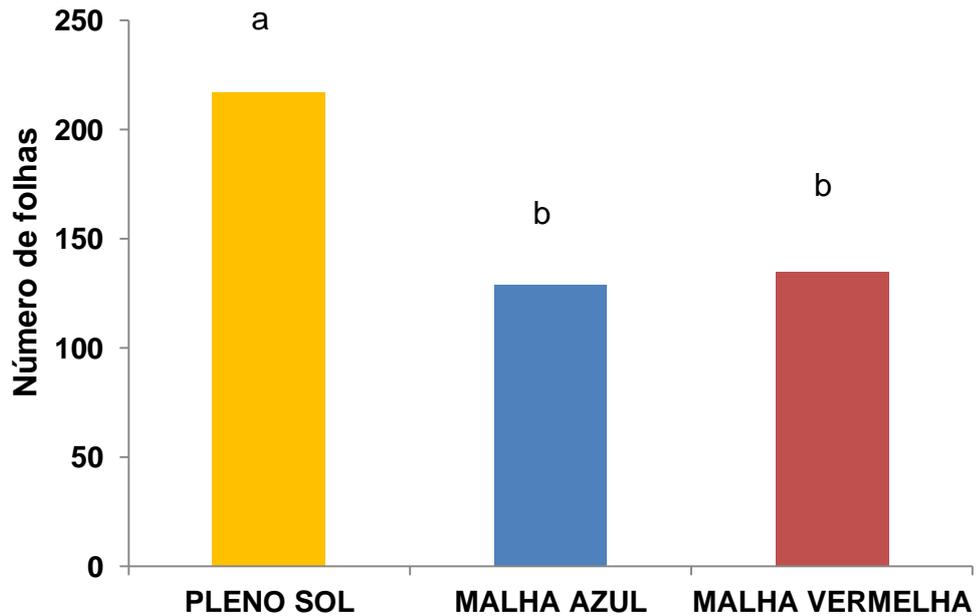


Figura 2: Número de folhas das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

De acordo com as observações de campo, a erva cidreira apesar de possuir o maior número de folhas sob pleno sol, apresentaram menor área foliar (Figura 7A) e menor distância entre folhas, sob o mesmo ambiente. Estes resultados podem ser explicados pelo mecanismo de adaptação, as quantidades intensas de luz que foram encontradas nesse ambiente (100 %) quando comparada as plantas que estavam sobre ambientes de malhas (50 %).

Lima et al. (2013) avaliando o crescimento e fitomassa do capim limão (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf) também observaram que, as plantas cultivadas sob ambiente de pleno sol, apresentaram maior número de folhas, no entanto, este não diferiu da malha vermelha. O que provavelmente possa ter ocorrido sob malhas (azul e vermelha), é a redução de fluxo fotossintético o que ocasionou a redução do aparecimento das folhas (GAUTIER et al., 1999)

As plantas cultivadas sob pleno sol apresentaram maior volume de raízes ($9,80 \text{ cm}^3$) quando comparadas as cultivadas sob malha azul ($6,45 \text{ cm}^3$) e vermelha ($5,86 \text{ cm}^3$). Não houve diferença significativa entre as malhas vermelha e azul para este parâmetro (Figura 3)

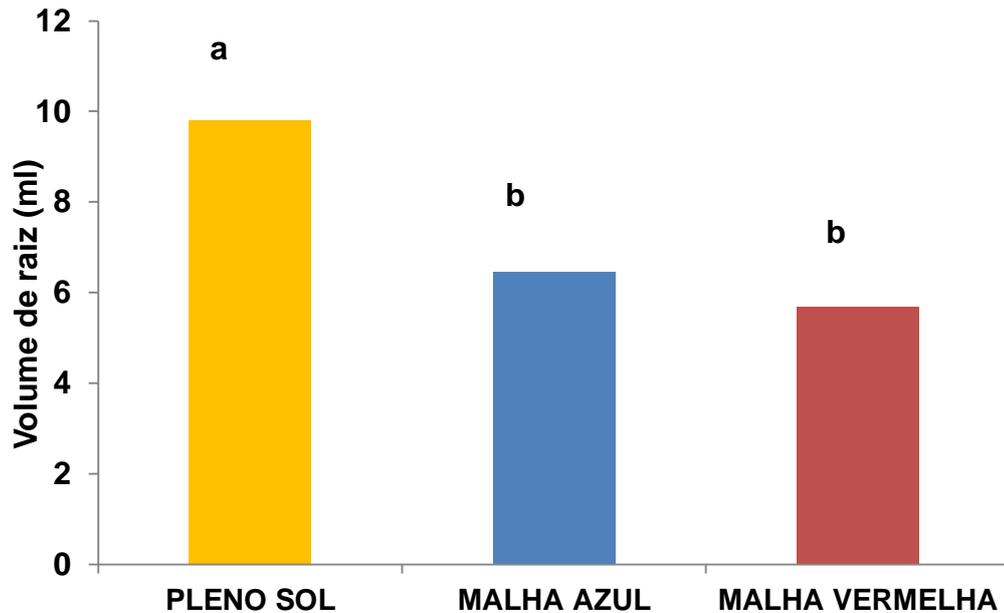


Figura 3: Volume de raiz das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

O volume de raiz das plantas de erva cidreira, não se mostraram sensíveis à qualidade de luz, sendo influenciadas apenas pela intensidade luminosa, já que não houve diferença estatística entre as malhas azul e vermelha para esta variável. Com o maior volume de raiz, tem-se uma maior exploração do solo em busca de água e nutrientes, sendo esta uma estratégia das planta para garantir maior capacidade de suportar maiores taxas de fotossíntese e transpiração que ocorre mais facilmente em ambientes iluminados. Além disso, com essa característica as plantas possuem maior capacidade de sobreviver em ambientes com ventos fortes, no entanto, requerem mais água para sua sobrevivência (CHAGAS et al. 2013; SIEBENEICHLER et al. 2008; CARVALHO et al. 2006).

O volume de raiz das plantas de erva cidreira apresentou desempenho quadrático com o aumento da dose de N, verificando-se um crescimento neste parâmetro até a dose estimada de 114,13 kg ha⁻¹ de N que promoveu o maior volume de raiz (8,75 cm³) este dose foi responsável por um incremento de 38,72 % neste parâmetro quando comparada a com o tratamento controle (0 kg ha⁻¹ de N) (Figura 4).

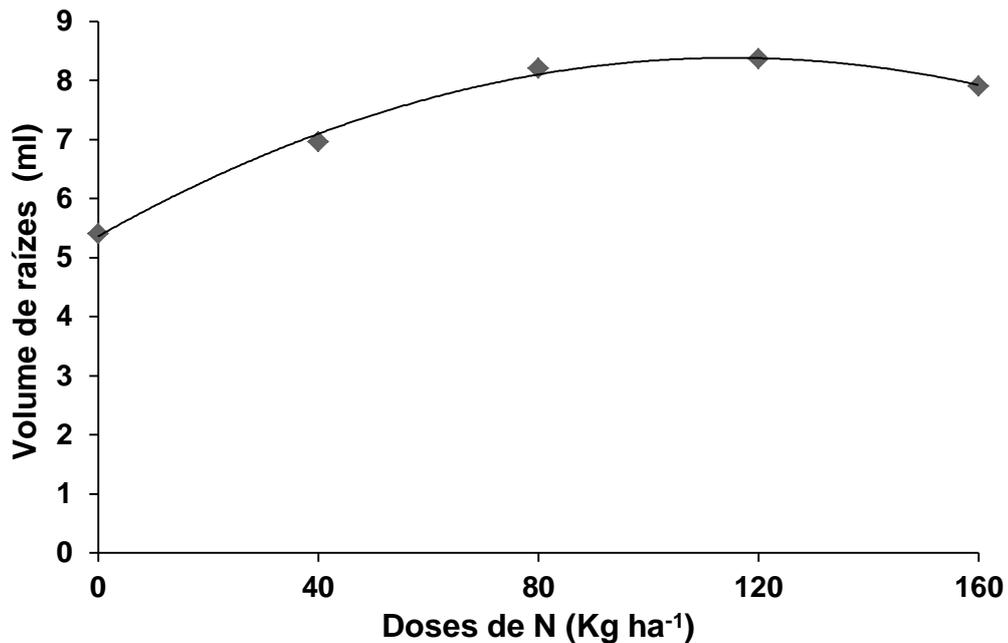


Figura 4: $\hat{y}^* = 5,36 + 0,0525x - 0,00023x^2$ $R^2 = 0,9945$. Volume de raízes das plantas erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

De acordo com Silva & Delatorre (2009), em solos com altas concentrações de N ocorre o efeito estimulatório sobre o alongamento das raízes; o efeito sistêmico inibitório de altas concentrações de N sobre a ativação de meristemas de raízes laterais; a supressão da iniciação de raízes laterais por alta razão C:N (carbono: nitrogênio) da planta e a inibição do crescimento da raiz primária e estímulo a produção de raízes laterais por teores externos de L-glutamato (L-Glu), sendo assim justifica-se que nas maiores concentrações de N, ocorreu maior média de volume de raiz.

O comprimento de raiz das plantas apresentaram desempenho linear decrescente sob malha azul e quadrático sob pleno sol com o aumento das doses de N. A malha vermelha não exerceu efeito significativo neste parâmetro. O maior (34,36 cm) comprimento de raiz foram encontrados sob malha azul, quando não foi aplicado N, e que a cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado, pôde-se notar um decréscimo de 0,068 cm (Figura 5).

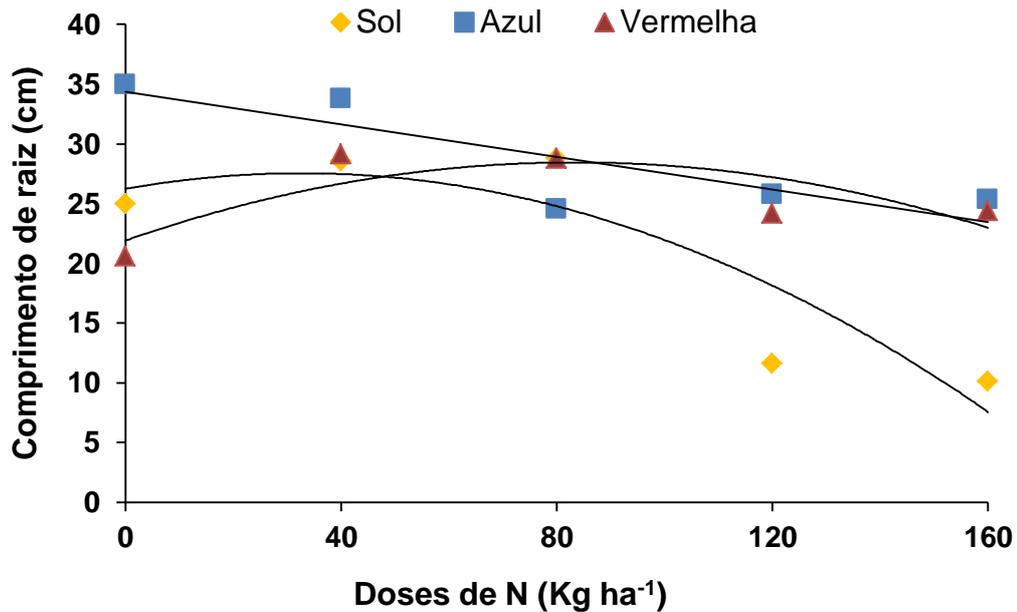


Figura 5: Pleno sol $\hat{y}^{**} = 26,23 + 0,0803x - 0,0012x^2$ $R^2 = 0,801$; Azul $\hat{y}^{**} = 34,36 - 0,068x$ $R^2 = 0,7284$; Vermelho $\hat{y}^{ns} = 21,92 + 0,1565x - 0,0009x^2$ $R^2 = 0,6251$. Comprimento de raízes das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Quanto às plantas cultivadas sob tratamento pleno sol, verificou-se crescimento neste parâmetro até a dose estimada de 33,46 kg ha⁻¹ de N que promoveram o maior (27,57 cm) comprimento de raiz. A maior média de comprimento de raiz, representou um incremento de 17,60 % quando comparada com a dose estimada (34,36 kg ha⁻¹ de N) para o tratamento pleno sol (Figura 4). É observado que as doses 0 e 33,46 kg ha⁻¹ malha azul e pleno sol respectivamente, foram as que promoveram maiores crescimento de raiz (33,46 e 27,57 cm). (Figura 5).

Os índices de clorofila *a* apresentou desempenho quadrático com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas as plantas independente do ambiente em que foram cultivadas. Os maiores índices de clorofila *a* foram obtidos com a aplicação das doses estimadas de 67,61; 82,57 e 96,25 kg ha⁻¹ de N que proporcionaram médias de 40,40; 38,65 e 34,42 ICF para os cultivos sobre malha vermelha, azul e pleno sol, respectivamente (Figura 6).

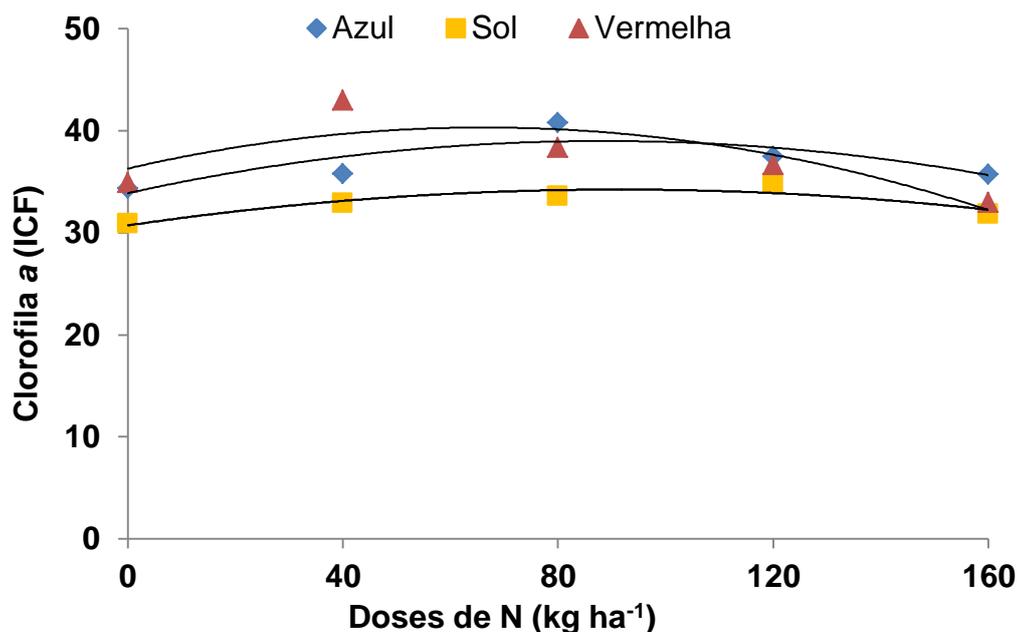


Figura 6: Azul $\hat{y}^{**} = 33,879 + 0,1156x - 0,0007x^2$ $R^2 = 0,7024$; Sol $\hat{y}^{**} = 30,719 + 0,077x - 0,0004x^2$ $R^2 = 0,8349$; Vermelha $\hat{y}^{**} = 36,288 + 0,1217x - 0,0009x^2$ $R^2 = 0,6962$. Índices de clorofila *a* das plantas erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Segundo Victório et al. (2007) tanto a luz vermelha quanto a azul influenciam o acúmulo de clorofila *a*. Os mesmos autores avaliando a qualidade de luz e produção de pigmentos fotossintéticos de *Phyllanthus tenellus* Roxb, observaram que a luz vermelha proporciona nas plantas estudadas maior acúmulo de clorofila *a*, que as cultivadas sob luz azul e pleno sol.

Outros autores tem demonstrado a influencia dos espectros de luz no acúmulo de clorofila *a*, como foi constatado por Henrique et al. (2011) em mudas de café, Souza et al. (2011) em plantas de guaco e Martins et al. (2008) em plantas de alfavaca-cravo, porém as respostas quanto a qualidade e intensidade de luz são particulares de cada espécie. Sendo a erva cidreira a planta que possui maior resposta a produção de clorofila *a* quando cultivadas sob malha vermelha. Em contrapartida outros autores Pinto et al. (2014), avaliando a produção de mil folhas cultivadas sob telas coloridas observaram que a qualidade e a intensidade espectral da luz não influenciaram os teores de clorofila *a*.

Os maiores índices de clorofila *b* foram obtidos com a aplicação das doses estimadas de 70,64; 82,00 e 89,08 kg ha⁻¹ de N que proporcionaram médias de 16,52; 14,13 e 16,54 ICF para os cultivos sobre malha vermelha, pleno sol e malha azul, respectivamente (Figura 7).

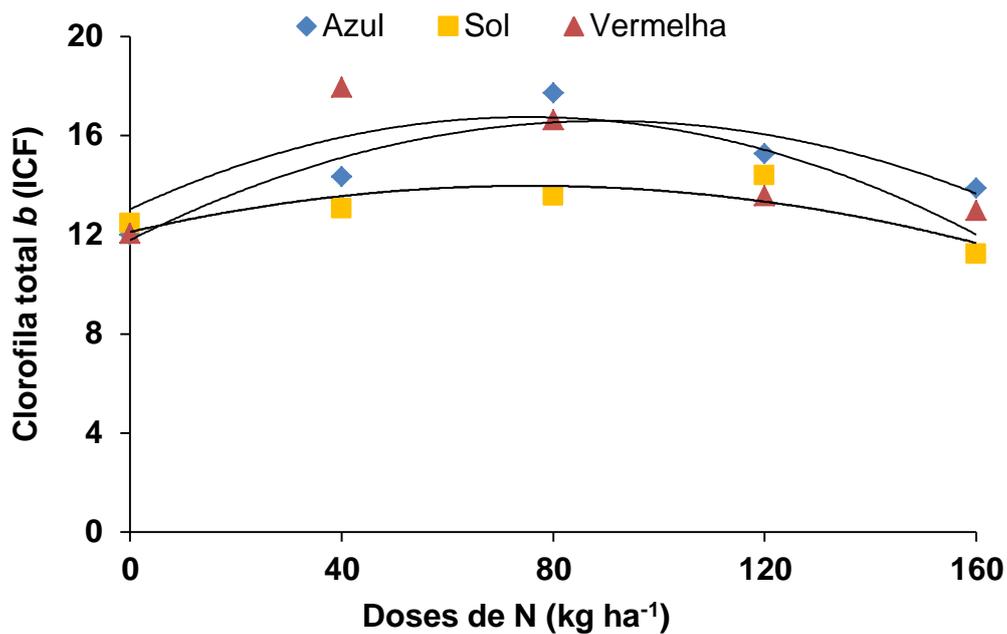


Figura 7: Azul_ŷ** = 11,783 + 0,1069x - 0,0006x² R² = 0,8478; Sol_ŷ** = 12,109 + 0,0492x - 0,0003x² R² = 0,6787; Vermelha_ŷ** = 13,028 + 0,0989x - 0,0007x² R² = 0,6328. Índices de clorofila *b* das plantas erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Resultados contrastantes ao encontrado por Brant et al. (2009) ao avaliar adaptações fisiológicas e anatômicas de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) cultivadas sob malhas termorrefletoras em diferentes intensidades luminosas, onde para o teor de clorofila *b*, não houve resposta entre os tratamentos, indicando que para melissa, nas condições desta pesquisa, a intensidade luminosa não interferiu na síntese e degradação de clorofila *b*.

O aumento da proporção de clorofila *b* nas plantas sombreadas pode ser considerado como característica importante na adaptabilidade vegetal em ambientes sombreados, uma vez que a clorofila *b* absorve energia em comprimento de onda diferentes da clorofila *a* e a transfere para o centro de reação, maximizando, assim, a captura energética que efetivamente atua nas reações fotoquímicas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os índices de clorofila total (*a+b*) mais elevados foram obtidos com a aplicação das doses estimadas de 68,87; 79,37 e 92,79 kg ha⁻¹ de N que proporcionaram médias de 56,91; 47,86 e 55,99 ICF para os cultivos sobre malha vermelha, pleno sol e malha azul, respectivamente (Figuras 8).

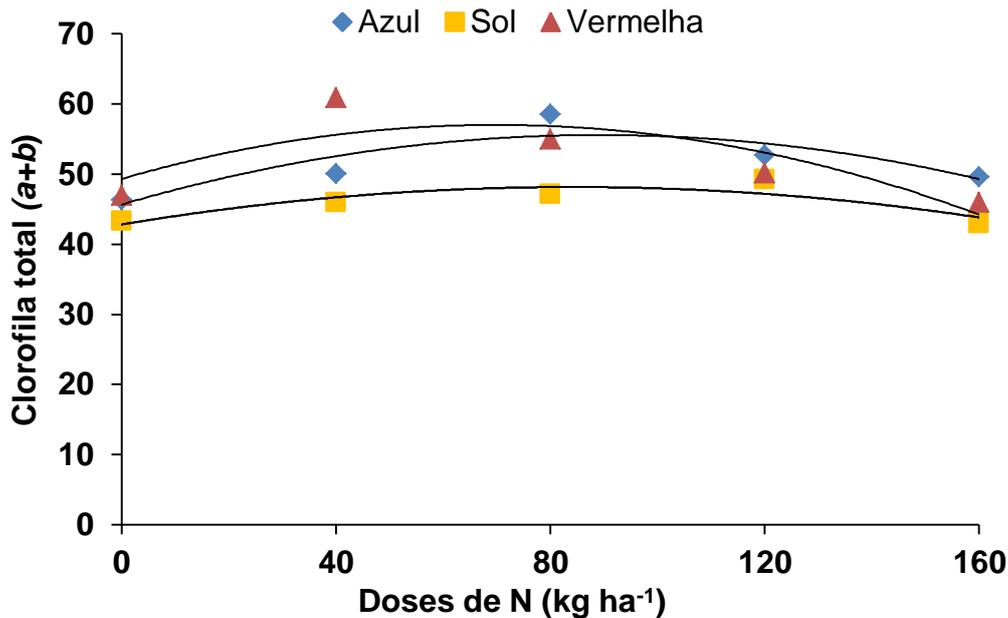


Figura 8: Azul $\hat{y}^{**} = 45,657 + 0,2227x - 0,0012x^2$ $R^2 = 0,7754$; Sol $\hat{y}^{**} = 42,819 + 0,127x - 0,0008x^2$ $R^2 = 0,7556$; Vermelha $\hat{y}^{**} = 49,322 + 0,2204x - 0,0016x^2$ $R^2 = 0,6834$. Índices de clorofila total ($a+b$) das plantas erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Dessa forma pode-se notar que no cultivo sobre malha vermelha obteve-se as maiores médias de clorofila a , b e total ($a+b$) sendo necessário para isso doses inferiores de N, quando comparada com as outras condições de cultivo.

As plantas cultivadas sob pleno sol apresentaram índices de clorofila a , b e total ($a+b$) inferiores aos obtidos no cultivo sobre malhas em todas as doses de N estudadas, evidenciando o efeito positivo das malhas sobre estes parâmetros.

Segundo GOMES et al. (2008) as clorofilas tendem a ser foto-oxidadas sob alta irradiação e, devido aos carotenóides poderem prevenir a foto-oxidação das clorofilas, a relação entre as clorofilas e carotenóides pode ser usada como um indicador potencial de perdas foto-oxidativas causadas por fortes irradiações.

Resultados contrários ao encontrado por Lima et al. (2013) ao avaliar o efeito das malhas e do fosforo em plantas de capim limão, onde o cultivo sob pelo sol mostrou-se mais interessante para produção de clorofila a e b em relação ao cultivos sob malhas, sendo o capim limão uma planta que possui mecanismo C4. A erva-cidreira apresenta metabolismo fotossintético do tipo C3, saturando-se fotossinteticamente a intensidades de luz relativamente baixas

De maneira geral, verifica-se que dentre os três tipos de ambiente utilizados neste experimento, a utilização das malhas (azul e vermelha), foram mais eficientes na promoção de crescimento das plantas de erva cidreira.

Produção de fitomassa

Verificou-se que as produções de fitomassa de erva cidreira foram afetadas pelos ambientes de cultivos (malha azul, malha vermelha e pleno sol) e doses de nitrogênio, para os parâmetros, massa seca de caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST). Na massa seca de folha (MSF) e massa seca de raiz (MSR) não houve efeito da interação entre os fatores: qualidade de luz e doses de N, no entanto, o efeito simples tanto da qualidade de luz quanto de doses de N foi significativo. A razão raiz parte aérea (R/PA) foi afetada apenas pelo ambiente de cultivo (Apêndice C).

As plantas cultivadas sob malha azul apresentaram maior massa seca foliar com uma média de 4,83 g, este resultado representa aumentos de 10,97 e 14,69 % na massa seca foliar quando se comparou este tratamento a malha vermelha e pleno sol, respectivamente. Não houve diferença significativa entre a malha vermelha e pleno sol para este parâmetro (Tabela 2).

Tabela 2: Massa seca de folha, massa seca da raiz, razão raiz/parte aérea das plantas erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Tratamentos	Pleno Sol	Malha Azul	Malha Vermelha
Massa Seca de folha (g)	4,30 b	4,83 a	4,12 b
Massa Seca da raiz (g)	27,76 a	18,62 b	16,09 b
Razão Raiz/parte aérea (g/g)	0,89 a	0,63 b	0,66 b

*Médias seguidas das mesmas letras não diferem na linha entre si pelo teste de tukey a 5 %.

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2014) trabalhando com alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), cultivada sob diferente malhas coloridas, observou-se que a quantidade de massa seca de folhas foi maior nas plantas sob malha azul.

Em plantas de *Mikania glomerata* o desempenho foi semelhante, havendo redução significativa da massa seca quando cultivadas no ambiente de pleno sol (SOUZA et al., 2011a). Esse desempenho também foi descrito por Oliveira et al. (2009) em *Artemisia vulgaris* L. Ao contrário do observado por Costa et al. (2012), no trabalho com hortelã pimenta, onde observaram maior MSF nas plantas cultivadas sob as malhas preta e vermelha.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), como estratégia adaptativa, as plantas submetidas a baixos níveis de irradiância expandem suas folhas para aumentar sua capacidade fotossintética, diante disso conseqüentemente ocorre um maior número de folhas.

A massa seca de folhas das plantas de erva cidreira apresentou um desempenho quadrático. Observou-se que a dose estimada de 102,00 Kg ha⁻¹ de N promoveu maior MSF (5,43 g). Esta dose proporcionou um incremento de 38,33 % neste parâmetro quando comparada à dose de 0 Kg ha⁻¹ de N. Com relação à comparação entre a dose máxima aplicada (160 Kg ha⁻¹ de N) e a dose estimada (102 Kg ha⁻¹ de N) verificou-se que a dose máxima promoveu uma redução de aproximadamente 12,39 % na de massa seca de folhas das plantas de erva cidreira (Figura 9).

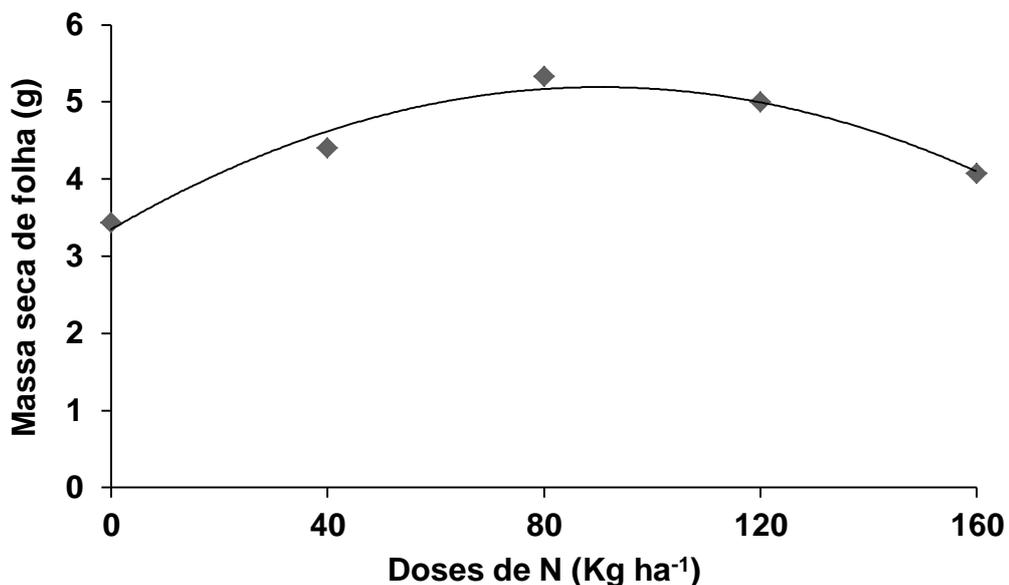


Figura 9: $\hat{y}^* = 3,3476 + 0,0408x - 0,0002x^2$ $R^2 = 0,9638$. Massa seca de folha das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Observa-se que a dose de 102 Kg ha⁻¹ de N foi suficiente para estimular a maior massa seca das folhas de erva cidreira possivelmente, a utilização dessa concentração ou próxima dessa, pode contribuir no crescimento das plantas de erva cidreira. Lima et al. (2011), observaram maior acúmulo de fitomassa na concentração de 75 kg ha⁻¹ de N em *Achillea millefolium* L, popularmente conhecida como mil folhas.

Ao contrario do observado neste experimento e por Deschamps et al. (2012 avaliando a produção de fitomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha x piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio, observaram que as doses de nitrogênio não influenciaram significativamente a produção de fitomassa de folhas.

As plantas cultivadas sob pleno sol apresentaram um maior acúmulo de massa seca nas raízes (27,76 g) quando comparadas as cultivadas sob malha azul (18,82 g) e malha vermelha (16,09 g). Não houve diferença significativa entre as malhas vermelha e azul para este parâmetro (Tabela 2).

Os resultados relacionados à qualidade de luz encontrados nesse trabalho, corroboram com Souza et al. (2014) que comparando os efeitos das telas coloridas (azul e vermelha) e o tratamento pleno sol no cultivo de alecrim pimenta observaram maiores ganhos de massa seca de raiz nas plantas que estavam sob pleno sol.

A massa seca de raízes das plantas de erva cidreira aumentou de forma linear com o crescimento da dose de N, sendo que com a aplicação da dose de 160 kg ha⁻¹ de N (dose máxima testada) obteve-se a maior média (26,04 g), pôde-se notar que houve um incremento de aproximadamente 39,52 % na massa seca de raiz quando se comparou este tratamento com as plantas que não receberam adubação nitrogenada (15,75 g) e que houve um aumento de 0,0643 g na massa seca de raiz a cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado (Figura 10).

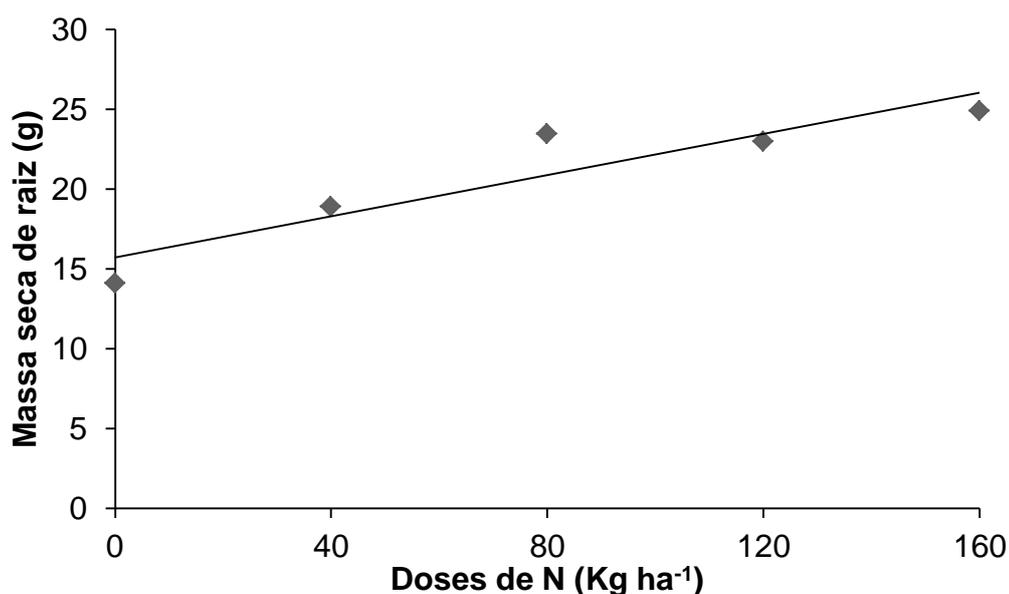


Figura 10: $\hat{y}^* = 15,748 + 0,0643x$ $R^2 = 0,855$. Massa seca de Raiz das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

De acordo com Silva & Delatorre et al. (2009) avaliando as alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio, observaram que maior incremento em massa seca de raiz são maiores em doses mais elevadas de nitrogênio. Freitas et al. (2012) avaliando características morfofisiológicas de plantas clonais de *Passiflora alata* crescidas em diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento, verificaram desempenho quadrático, ou seja houve um acréscimo na fitomassa seca com a elevação das doses de N até uma dose máxima, seguido de decréscimo nas doses subsequentes.

A razão raiz/parte aérea foi maior (0,89 g/g) nas plantas cultivadas a pleno sol, quando comparadas as cultivadas sob malha azul (0,63 g/g) e vermelha (0,66 g/g) (Tabela 3). Não houve diferença significativa entre as malhas vermelha e azul para este parâmetro (Tabela 2).

Resultados semelhantes também foram constatados em *Artemisia vulgaris* L. – Asteraceae (OLIVEIRA et al., 2009), *Achillea millefolium* - Asteraceae (PINTO et al., 2014), *Mentha arvensis* L - Lamiaceae (CHAGAS et al., 2013), *Rosmarinus officinalis* L.- Lamiaceae (SOUZA et al., 2014), *Ocimum selloi* Benth – Lamiaceae (COSTA et al., 2010)

Segundo Chagas et al. (2013) a alocação preferencial de fitomassa seca para o sistema radicular, é atribuída ao efeito da intensidade luminosa, pois há um maior

investimento de fotoassimilados em raízes, em detrimento de folhas nestas plantas. Essa é uma estratégia adaptativa para aumentar a capacidade de absorção de água e nutrientes e de sobreviver em ambientes com maior incidência de ventos e alta irradiância e, conseqüentemente, maior exigência hídrica.

A massa seca de caule das plantas de erva cidreira se elevou com o aumento das doses de nitrogênio adicionado nas plantas cultivadas sob pleno sol. Enquanto que sob as malhas vermelha e malha azul, as plantas apresentaram desempenho quadrático. Resultados semelhantes foram, observados por Freitas et al. (2012) em plantas de *Passiflora. Alata* (Figura 11).

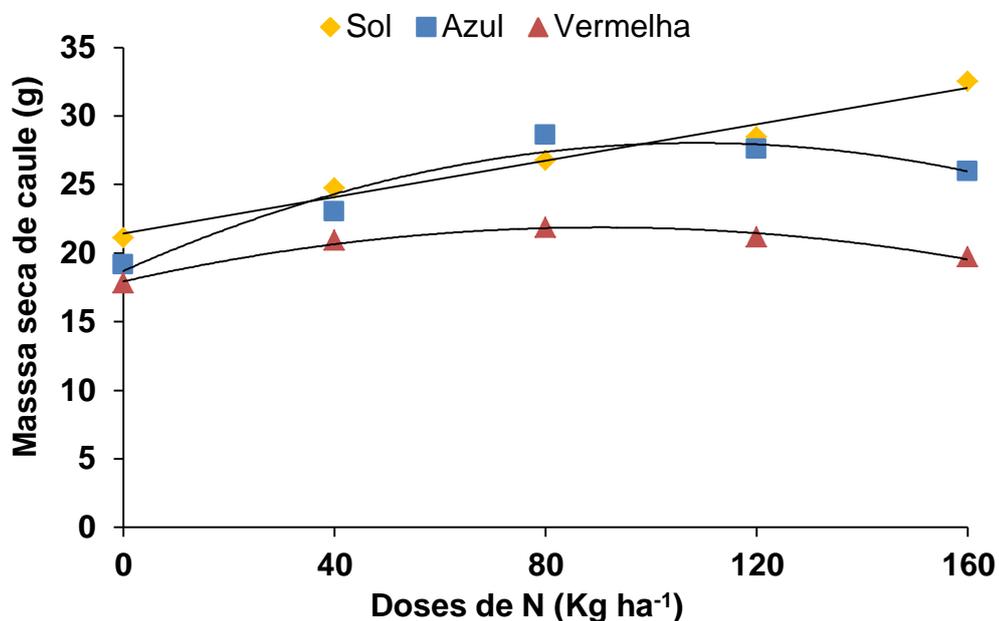


Figura 11: Pleno sol $\hat{y}^{**} = 21,412 + 0,0663x$ $R^2 = 0,9767$; Azul $\hat{y}^{**} = 18,707 + 0,1714x - 0,0008x^2$ $R^2 = 0,9414$; Vermelho $\hat{y}^{**} = 17,937 + 0,0871x - 0,0005x^2$ $R^2 = 0,9774$. Massa seca do caule das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Em relação à fitomassa, as plantas sob pleno sol, apresentaram maior acúmulo de massa seca do caule, isso foi possível graças à quantidade de ramificações verificadas nas plantas sob esse ambiente. Observou-se que as plantas sob pleno sol, submetidas à dose 160 kg ha⁻¹ de N, proporcionaram incrementos de 12,89 e 21,30 % na massa seca de caule, quando se comparou este tratamento com as malhas azul e vermelha nas doses estimadas 107,12 e 87,10 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Abreu et al. (2013), trabalhando com manjeriçao (*Ocimum basilicum* L.) verificaram que as plantas cultivadas sob malhas coloridas acumularam maior fitomassa seca de caule sob pleno sol e Chagas et al. (2013) com hortelã japonesa (*Mentha arvensis*), também verificaram resultados semelhantes, corroborando com dados apresentados neste trabalhos.

A massa seca de parte aérea das plantas de erva cidreira se elevou com o aumento das doses de nitrogênio adicionado nas plantas cultivadas sob pleno sol. Assim como, na massa seca de caule, as plantas de erva-cidreira sob as malha vermelha e malha azul, as plantas apresentaram desempenho quadrático. O desempenho quadrático para o mesmo parâmetro, também foram observados por Freitas et al. (2012) em plantas de *P. alata*, onde houve o acréscimo em fitomassa seca com a elevação das doses de N até uma dose máxima, seguido de decréscimo nas doses subsequentes (Figura 12).

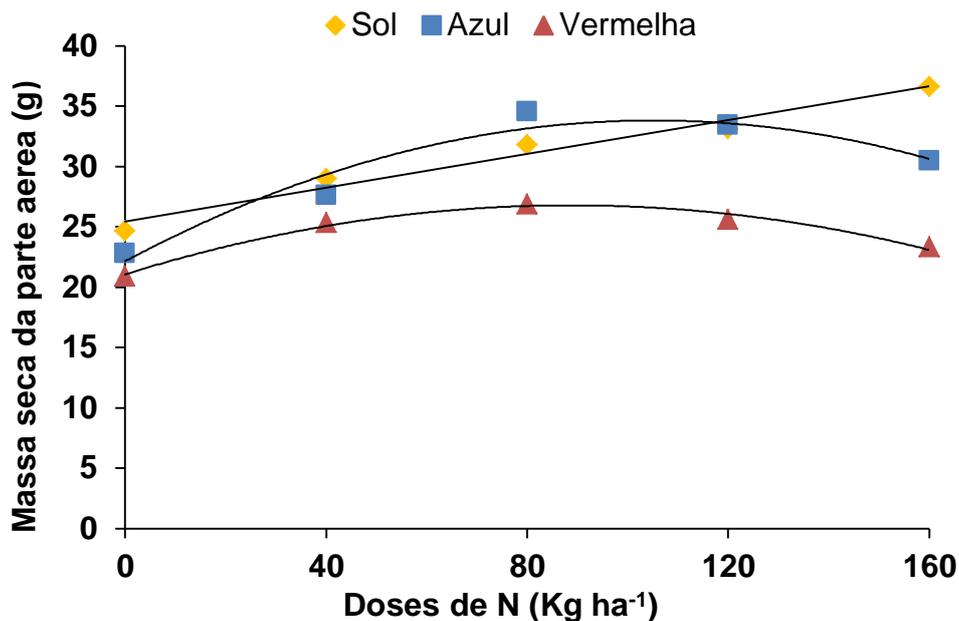


Figura 12: Pleno sol $\hat{y}^{**} = 25,415 + 0,07x$ $R^2 = 0,9725$; Azul $\hat{y}^{**} = 22,148 + 0,2219x - 0,0011x^2$ $R^2 = 0,9406$; Vermelho $\hat{y}^{**} = 21,071 + 0,1287x - 0,0007x^2$ $R^2 = 0,983$. Massa seca de parte aérea das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Nas plantas cultivadas a pleno sol, foi observada a maior (36,41 g) média de massa seca parte aérea, em relação às malhas vermelha (26,98 g) e azul (33,34) (Figura 12).

A massa seca total das plantas de erva cidreira se elevou com o aumento das doses de nitrogênio adicionado nas plantas cultivadas sob pleno sol. O desempenho linear crescente observado nas plantas sob pleno sol, evidencia que as doses aplicadas não foram suficientes para que fosse encontrada a média máxima de massa seca total, mostrando então que as plantas poderiam responder à doses maiores que as estudadas. A cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado, para o tratamento pleno sol, pôde-se notar um incremento de aproximadamente 0,1659 g na massa total (Figura 13).

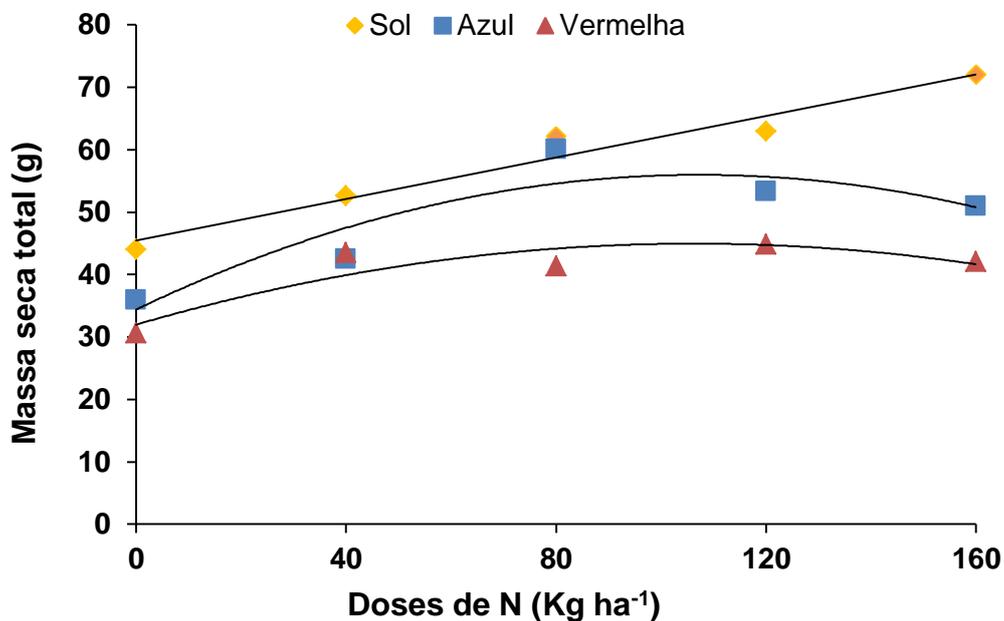


Figura 13: Pleno sol $\hat{y}^{**} = 45,513 + 0,1659x$ $R^2 = 0,9567$; Azul $\hat{y}^{**} = 34,398 + 0,4023x - 0,0019x^2$ $R^2 = 0,8227$; Vermelho $\hat{y}^{**} = 31,987 + 0,2442x - 0,0011x^2$ $R^2 = 0,8244$. Massa seca total das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Nas plantas cultivadas a pleno sol, foi observada a maior (72,06 g) média de massa seca total, em relação às malhas vermelha (45,54 g) e azul (55,69). A massa seca total encontrada nas plantas sob as malhas vermelha e azul quando comparado ao tratamento pleno sol, sofreram reduções de 36,84 % (Figura 13). E a maior massa seca total, justifica-se pelo fato das plantas sob pleno sol possuem maior comprimento e volume de raízes, além da quantidade superior de peso de caule.

Índices fisiológicos

Os índices fisiológicos, área foliar, área foliar específica, razão de área foliar e razão de peso foliar, não sofreram influência significativa ($p > 0,05$) da interação entre a qualidade de luz e as doses de nitrogênio, no entanto, houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) dos efeitos simples da qualidade de luz e das doses de N (Apêndice D).

As plantas cultivadas sob malha azul apresentaram uma maior área foliar ($587,00 \text{ cm}^2$) quando comparada a pleno sol ($435,47 \text{ cm}^2$) e malha vermelha ($535,84 \text{ cm}^2$). Verifica-se que houve incrementos de 8,72 e 25,81 % quando se comparou a malha azul com a vermelha e pleno sol, respectivamente (Figura 14).

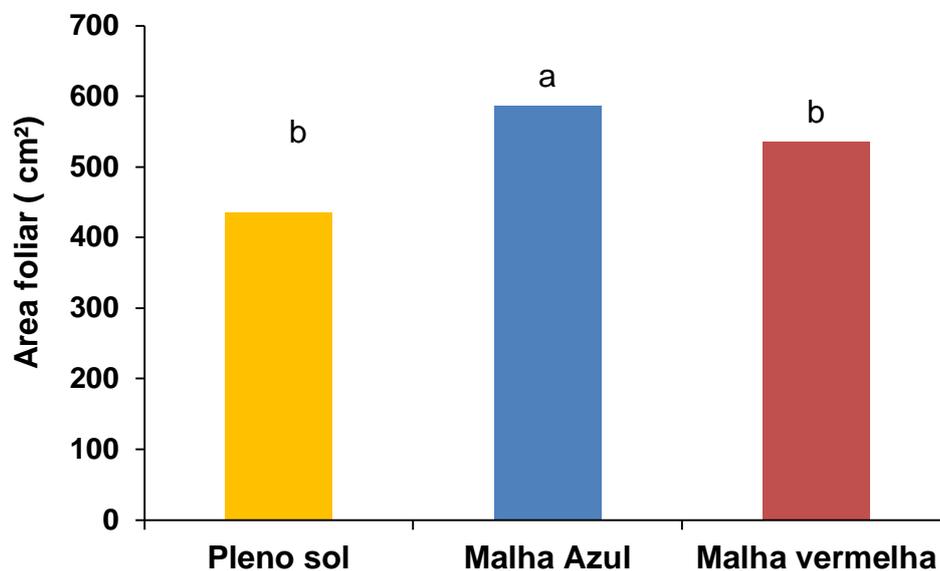


Figura 14: Área foliar de plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Resultados semelhantes referentes à área foliar foram verificados em alguns trabalhos, (SOUZA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2009). O incremento da área foliar em ambientes com sombreamento é uma das maneiras da planta aumentar a superfície fotossintética, assegurando um melhor aproveitamento das baixas intensidades luminosas e, conseqüentemente, compensando as baixas taxas fotossintéticas por unidade de área foliar, que é uma característica das folhas de sombra (SOUZA et al., 2011b; BRANT et al., 2009).

Plantas submetidas a ambientes sombreados possuem maior expansão foliar, para captar maior quantidade de energia disponível, e assim garantir um processo

fotossintético mais eficiente (FREITAS et al., 2012; SABBI et al., 2010; COELHO et al., 2010).

Os resultados da área foliar específica, em plantas de erva cidreira cultivadas sob malhas azul e vermelha (50 % de sombreamento), mostraram ser mais influenciadas pela intensidade que pela qualidade espectral. A área foliar específica das plantas sob as malhas azul (123,90 cm g⁻¹) e vermelha (135,62 cm g⁻¹) foi superior à encontrada nas sob pleno sol (102,71 cm g⁻¹), nota-se que houve incrementos de 17,10 % (azul) e 24,27 % (vermelha) quando se comparou as plantas sob malhas com as submetidas à condição de pleno sol (Figura 15).

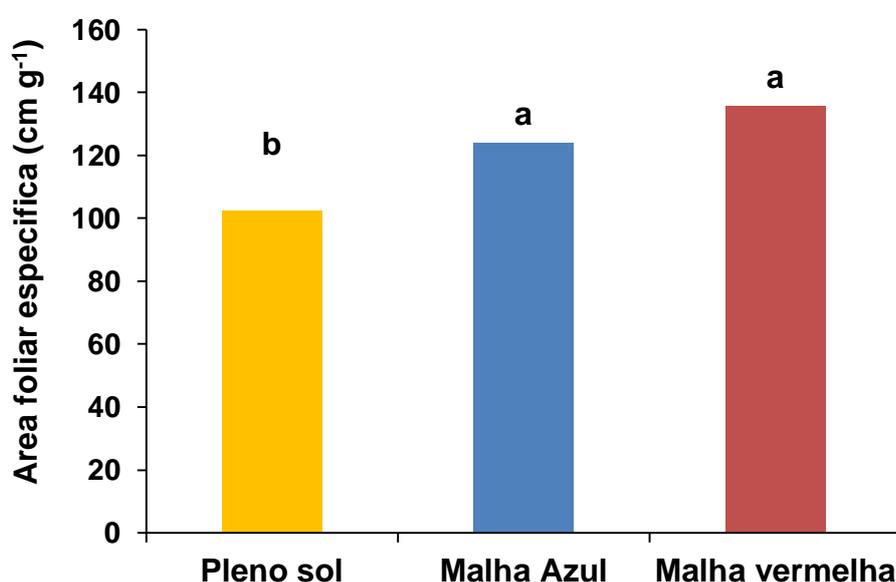


Figura 15: Área foliar específica de plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Resultados semelhantes foram encontrados por Chagas et al. (2013), em estudos com hortelã japonesa, avaliando a produção, teor e composição química de óleo essencial de hortelã japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras, na segunda colheita das plantas, as medias da área foliar específica não diferiram entre a malha vermelha e malha azul e foram estatisticamente superior as plantas sob pleno sol. De acordo com Evans & Poorter (2001), o aumento da AFE é o fator mais importante na maximização do ganho de carbono por unidade de massa foliar, sob condições de baixa luminosidade.

A razão de área foliar (RAF) é a medida da dimensão do aparelho assimilador e serve como parâmetro apropriado para as avaliações de efeitos climáticos e do

manejo de comunidades vegetais sobre a fotossíntese. O RAF expressa um componente morfofisiológico que representa a relação entre a área foliar, responsável pela interceptação da um componente morfofisiológico que representa a relação entre a área foliar, responsável pela interceptação da energia luminosa, CO_2 e a massa de matéria seca total, resultante da fotossíntese (HENRIQUE et al., 2011).

A razão de área foliar (RAF) das plantas de erva cidreira crescidas sob malha azul apresentaram maior razão de área foliar ($4,91 \text{ g cm}^{-2}$) quando comparada a malha vermelha ($4,12 \text{ g cm}^{-2}$) e pleno sol ($4,30 \text{ g cm}^{-2}$). Verifica-se que houve incrementos de 12,42 e 16,09 % quando se comparou a malha azul com pleno sol e malha vermelha, respectivamente (Figura 16). Costa et al. (2012) também observaram maior RAF no crescimento das plantas de hortelã-pimenta cultivada sob malhas.

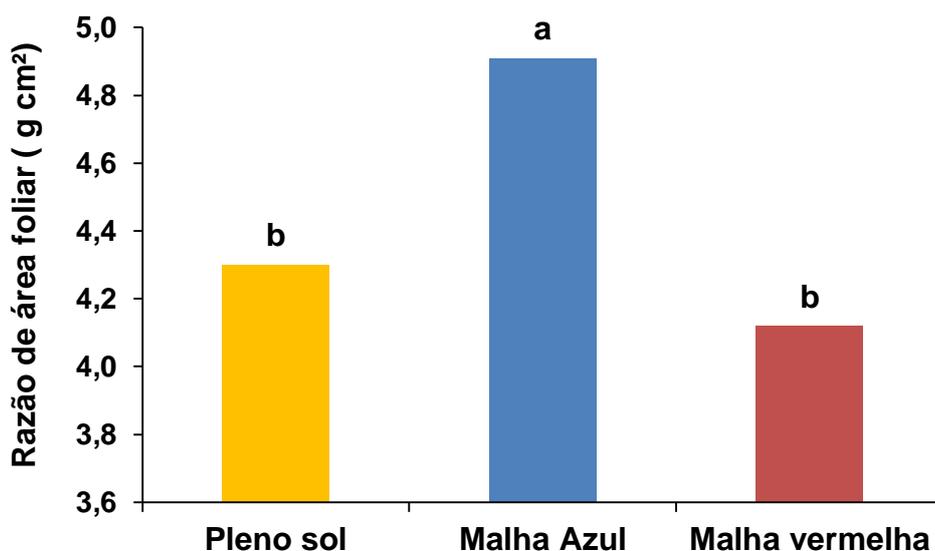


Figura 16: Razão de área foliar de plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

A razão de peso das plantas sob as malhas azul e vermelha ($0,102 \text{ g g}^{-1}$) foi superior à encontrada nas sob pleno sol ($0,074 \text{ g g}^{-1}$), nota-se que houve um incremento de 27,45 % quando se comparou as plantas sob malhas com as submetidas à condição de pleno sol (Figura 17).

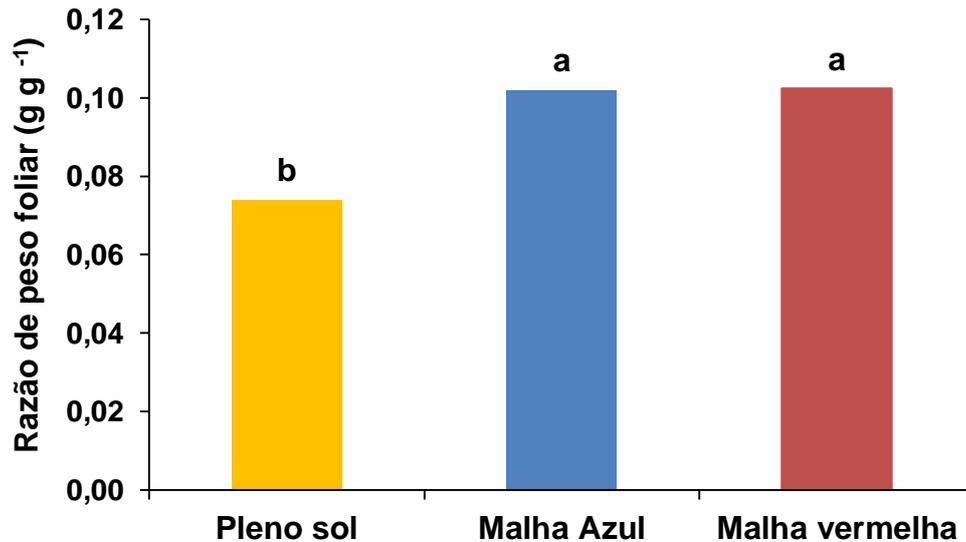


Figura 17: Razão de peso foliar de plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Resultados similares foram obtidos em outros estudos. Costa et al. (2012) em plantas de *Ocimum selloi*, Corrêa et al. (2012) em estudos com *Origamun vulgare* L, também observaram redução na RPF nas plantas quando cultivadas sob pleno sol. Plantas cultivadas a pleno sol retêm alguns dos produtos fotossintéticos na folha, enquanto que, sob sombreamento estes produtos são mais eficientemente exportados para outros tecidos (Costa et al., 2012).

No entanto, a capacidade para exportar fotoassimilados das folhas para as outras partes pode ser uma característica genética que pode ser influenciado por modificações ambientais, incluindo a qualidade espectral da luz (BENINCASA, 2004).

As maiores RAF encontradas sob malhas, explica o baixo acúmulo de fitomassa seca na raiz (Tabela 3), já que sob as malhas azul e vermelha ocorreu menor translocação das folhas para as demais partes das plantas.

O cultivo sob malhas, foram responsáveis pelas maiores medias de RAF, AFE, RPF, mas especificamente, as plantas sob malha azul, esses resultados segundo Chagas et al. (2013), indicam maior superfície fotossintética, menor espaçamento foliar e maior proporção do tecido fotossinteticamente ativo na área foliar.

De acordo com Jones & Mcleod (1990), essa estratégia é adotada pelas plantas para aumentarem a superfície fotossintética, e aproveitar mais

eficientemente a intensidade luminosa reduzida pela condição de sombreamento e, conseqüentemente, compensar as baixas taxas fotossintéticas por unidade de área foliar, característica de uma folha de sombra.

Quanto ao efeito simples das doses de N, observou-se que a área foliar cresceu linearmente com o aumento das doses de nitrogênio, verificando-se que a dose máxima aplicada (160 kg ha^{-1}) proporcionou a maior média ($561,95 \text{ cm}^2$) para este parâmetro. Comparando-se a testemunha (ausência de N) com a dose 160 kg ha^{-1} , observa-se um aumento de 16,88 % na área foliar das plantas, nota-se também que em cada kg ha^{-1} de N adicionados as plantas houve um incremento de $0,6054 \text{ cm}^2$ na área foliar (Figura 18).

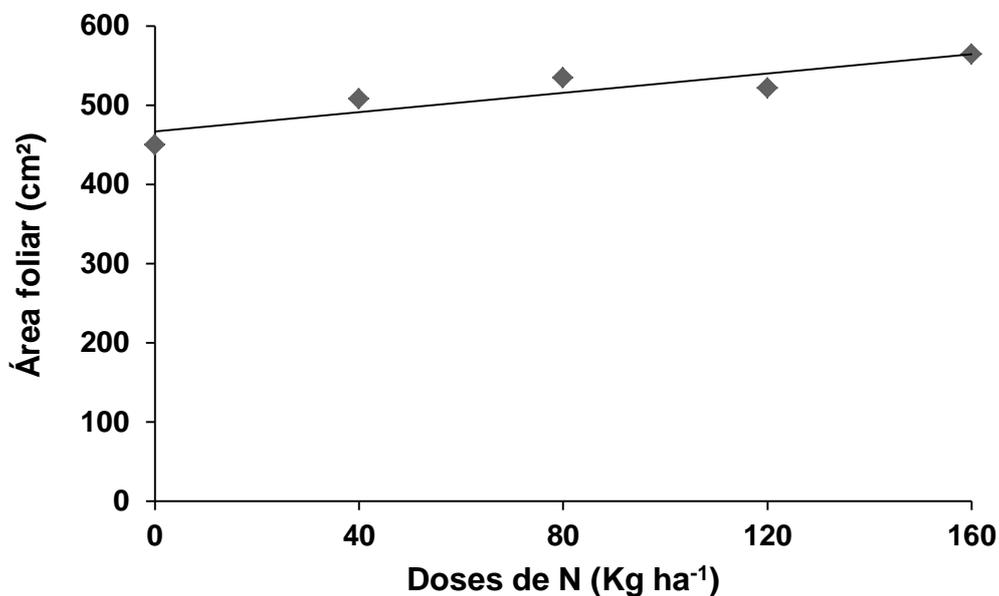


Figura 18: $\hat{y}^* = 467,09 + 0,6054x$ $R^2 = 0,8239$. Área foliar das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Freitas et al. (2012) em estudos com mudas de *P. edulis* avaliando as características morfofisiológicas em diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento, também não constataram interação entre as doses de N e níveis de sombreamento para o parâmetro área foliar, no entanto, observaram o efeito simples das doses de N.

Diferentemente aos resultados encontrados nesta pesquisa, Freitas et al. (2012) verificaram um desempenho quadrático para mudas de *P. edulis*, ou seja, foi

observado aumento de AF com o incremento de até uma dose considerada ótima para esta espécie.

A área foliar específica reduziu com o aumento das doses de N até a dose estimada de 79,32 kg ha⁻¹, sendo que após esta dose houve aumento das médias deste parâmetro. Comparando-se a dose estimada 79,32 kg ha⁻¹ (102,88 cm g⁻¹) com a dose 160 kg ha⁻¹ (138,68 cm g⁻¹) verifica-se que houve incremento de 25,81 % na área foliar específica.

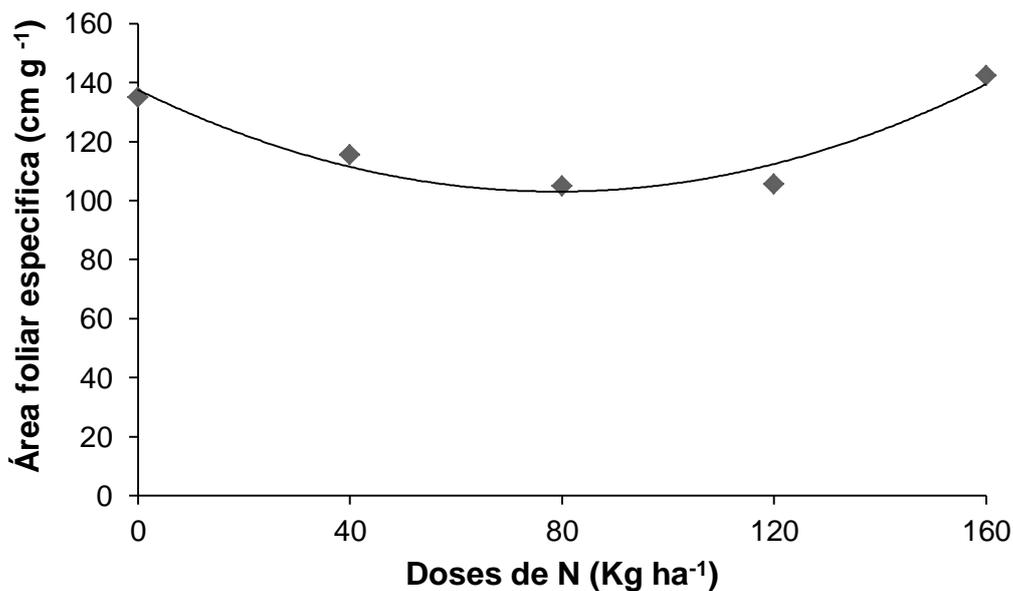


Figura 19: $\hat{y}^{**} = 137,48 - 0,8725x + 0,0055x^2$ $R^2 = 0,9316$. Área foliar específica, plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol

Quando se comparou a dose 160 kg ha⁻¹ com a testemunha (0 kg ha⁻¹) foi possível verificar que houve um aumento de apenas 0,86 % na área foliar específica (Figura 8B). De acordo com Pereira et al. (2012) em condições de maior quantidade de nitrogênio no interior da planta, a lignificação da folha tende a ser menor o que contribui para aumentar a área foliar por unidade de peso da folha.

Na dose estimada 79,32 kg ha⁻¹, obteve-se a menor AFE, ou seja, menor área foliar, já que fotoassimilados dentre outros recursos não contribuíram para aumentar a área foliar. Diminuindo a capacitação de luz incidente e a eficiência fotossintética da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Pereira et al. (2012) observaram o efeito simples do N avaliando o crescimento do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte, observaram que a AFE incrementou linearmente com o aumento das doses de nitrogênio. Verificando então a importância do nitrogênio do ponto de vista fisiológico, já que interferiu na alocação da fitomassa da folha por unidade de área.

Observou-se que a razão de área foliar reduziu com o aumento das doses de N até a dose estimada de 102 kg ha⁻¹, sendo que após esta dose houve aumento das médias deste parâmetro. Comparando-se a dose estimada 102 kg ha⁻¹ (10,76 g cm⁻²) com a dose 160 kg ha⁻¹ (11,44 g cm⁻²) nota-se que houve incremento de 5,94 % na área foliar específica. Quando se comparou a dose 160 kg ha⁻¹ com a testemunha (0 kg ha⁻¹) foi possível verificar que houve um decréscimo de 10,95 % na área foliar específica com a aplicação do N (Figura 20).

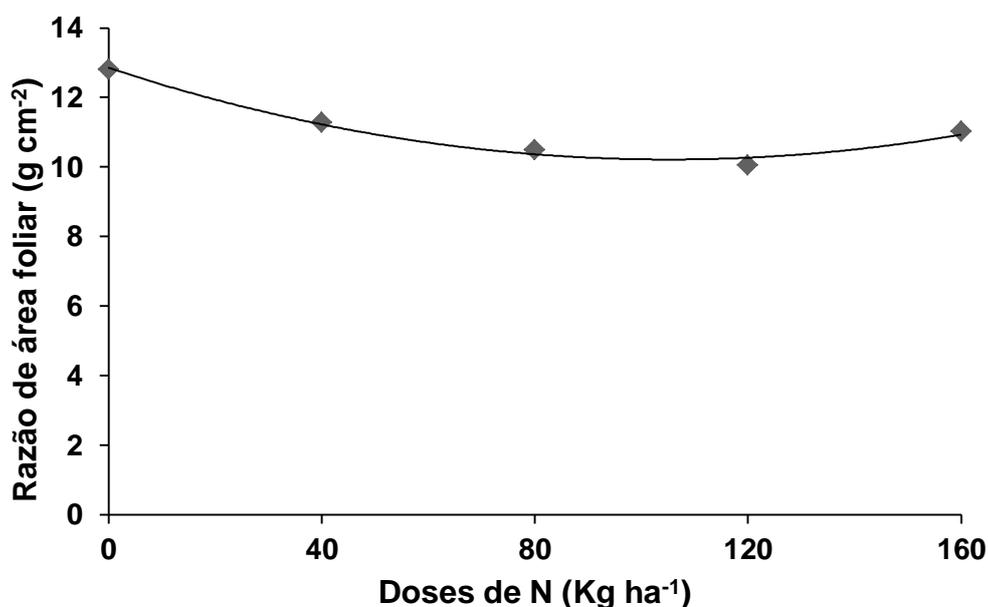


Figura 20: $\hat{y}^* = 12,847 - 0,0408x + 0,0002x^2$ $R^2 = 0,9828$. Razão de área foliar das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Ao se considerar que as folhas são o centro de produção de fitomassa e que o resto da planta depende da exportação de material da folha, a razão do peso foliar expressa a fração de fitomassa não exportada das folhas para outras partes da planta (BENINCASA, 2004).

A dose estimada de 75 kg ha⁻¹ de N, proporcionou a maior razão de peso foliar (0,10 g g⁻¹), comparando-se a dose estimada as doses 0 kg ha⁻¹ (0,09 g g⁻¹) e

160 kg ha⁻¹ (0,09 g g⁻¹) verifica-se que houve um incremento de 10 % na razão de peso foliar (Figura 21). Diante desse resultado é possível inferir que as plantas de erva cidreira sob a dose 75 kg ha⁻¹ de N há uma menor translocação de material das folhas para as demais partes da planta.

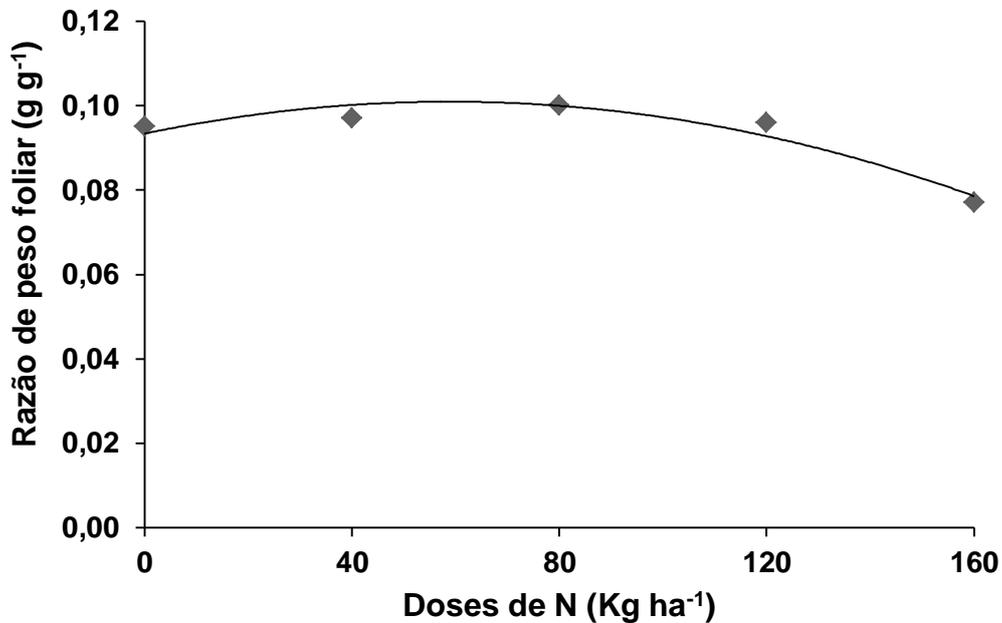


Figura 21: $\hat{y}^* = 0,0934 + 0,0003x - 0,000002x^2$ $R^2 = 0,9232$. Razão de peso foliar das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob malhas coloridas e pleno sol.

Diagnose nutricional

Houve efeito significativo pelo teste F da análise de variância, da interação entre as qualidades de luz e doses de nitrogênio indicando que os tratamentos diferem entre si para os parâmetros nitrogênio na folha (NF), caule (NC), raiz (NR), e total (NT), fósforo na folha (PF), caule (PC), raiz (PR) e total (PT), não ocorrendo interação para o acúmulo de potássio na folha (KF), caule (KC), raiz (KR) e total (KT), que foram influenciados apenas pela qualidade de luz (APÊNDICE E, F, G).

A aplicação de N influenciou significativamente o teor de N nas folhas nas plantas de erva cidreira. O elemento acumulado nas folhas de erva cidreira aumentou linearmente com a elevação das doses de N quando as mesmas foram cultivadas sob a malha azul. O mesmo desempenho não ocorreu com as plantas sob malha vermelha e pleno sol que apresentaram desempenho quadrático com a elevação das doses de N (Figuras 22).

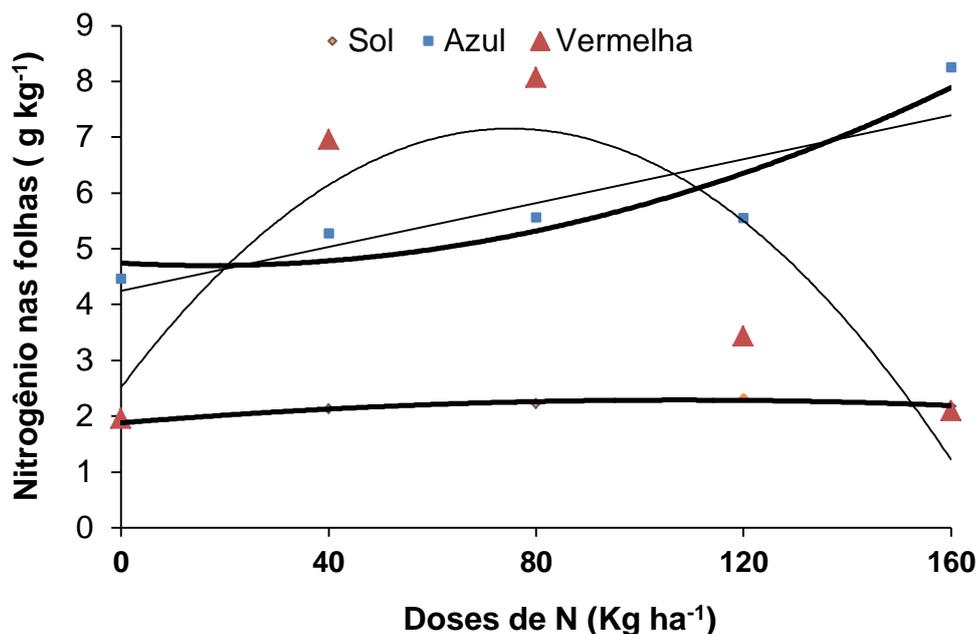


Figura 22: Pleno sol $\hat{y}^* = 4,1158 + 0,0328x - 0,0002x^2$ $R^2 = 0,6007$; Azul $\hat{y}^{**} = 4,2472 + 0,0196x$ $R^2 = 0,7532$; Vermelho $\hat{y}^* = 2,5177 + 0,1235x - 0,0008x^2$ $R^2 = 0,7868$. Nitrogênio acumulado nas folhas das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

O desempenho linear crescente observado nas plantas sob pleno sol, evidencia que as doses aplicadas não foram suficientes para que fosse encontrada a média máxima de nitrogênio, mostrando então que as plantas poderiam responder à doses maiores que as estudadas sob malha azul. A cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado, para o tratamento malha azul, pôde-se notar um incremento de aproximadamente 0,0196 Kg ha⁻¹ (Figura 22).

O nitrogênio acumulado no caule das plantas de erva cidreira aumentou linearmente com a elevação das doses de N quando as mesmas foram cultivadas sob a malha azul, o mesmo desempenho não ocorreu com as plantas sob malha vermelha e pleno sol que apresentaram um desempenho quadrático com a elevação das doses (Figuras 23).

Assim como, observado nas folhas de erva cidreira das plantas sob malha azul, o desempenho linear crescente evidencia que as doses aplicadas não foram suficientes para que fosse encontrada a média máxima de nitrogênio, mostrando então que as plantas poderiam responder à doses maiores que as estudadas sob malha azul. A cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado, para o tratamento malha azul, pôde-se notar um incremento de aproximadamente 0,0026 Kg ha⁻¹

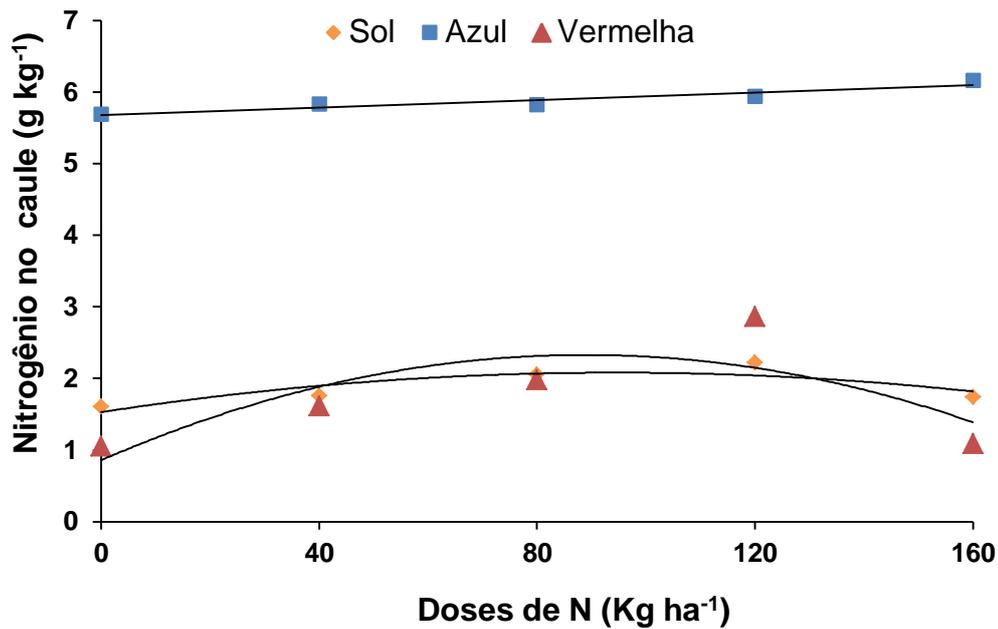


Figura 23: Pleno $\hat{y}^{**} = 1,529 + 0,0117x - 0,00006x^2$ $R^2 = 0,7424$; Azul $\hat{y}^{**} = 5,6764 + 0,0026x$ $R^2 = 0,8947$; Vermelha $\hat{y}^{**} = 0,8568 + 0,0331x - 0,0002x^2$ $R^2 = 0,6321$. Nitrogênio acumulado no caule das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz

As respostas encontradas para adição de N neste experimento foram contrárias as observadas por Cortés et al. (2007), em plantas de carqueja, visto que os mesmos não observaram diferenças estatísticas significativas nos teores de macro e micronutrientes das partes aéreas da carqueja, evidenciando que não houve influência das doses de nitrogênio aplicadas.

O nitrogênio acumulado nas folhas e caule das plantas sob malha vermelha apresentou efeito quadrático e se elevou com o aumento das doses de N até as doses estimadas de 77,19 (7,28 g kg⁻¹) e 82,75 kg ha⁻¹ (2,75 g kg⁻¹), respectivamente. Nota-se que houveram incrementos de 69,07 % (folha) e 68,84 % (caule) quando comparou-se a dose estimada com a testemunha (0 kg ha⁻¹) (Figuras 9A e 9B).

A dose máxima aplicada (160 kg ha⁻¹) promoveu acúmulo de N de 6,09 e 7,38 g kg⁻¹, no caule e nas folhas, respectivamente. Quando as plantas foram cultivadas sob a malha azul, pôde-se notar que houve incrementos de 6,79 (caule) e 42,45 % (folhas) quando se comparou a dose máxima com a testemunha (0 kg ha⁻¹) (Figuras 9A).

O acúmulo de N nas raízes, apresentou desempenho quadrático com a elevação das doses, verificando-se que as doses estimadas que promoveram as maiores médias foram de 85,5 kg ha⁻¹ de N (pleno sol), 121 kg ha⁻¹ de N (malha vermelha) e 88,61 kg ha⁻¹ de N (malha azul), estas doses promoveram médias de 2,19; 1,92 e 7,59 g kg⁻¹, respectivamente. Comparando-se as médias máximas verificadas com as obtidas nas testemunhas (0 kg ha⁻¹) notam-se incrementos de 33,42 % (pleno sol), 38,04 % (malha vermelha) e 44,04 % (malha azul) (Figura 24).

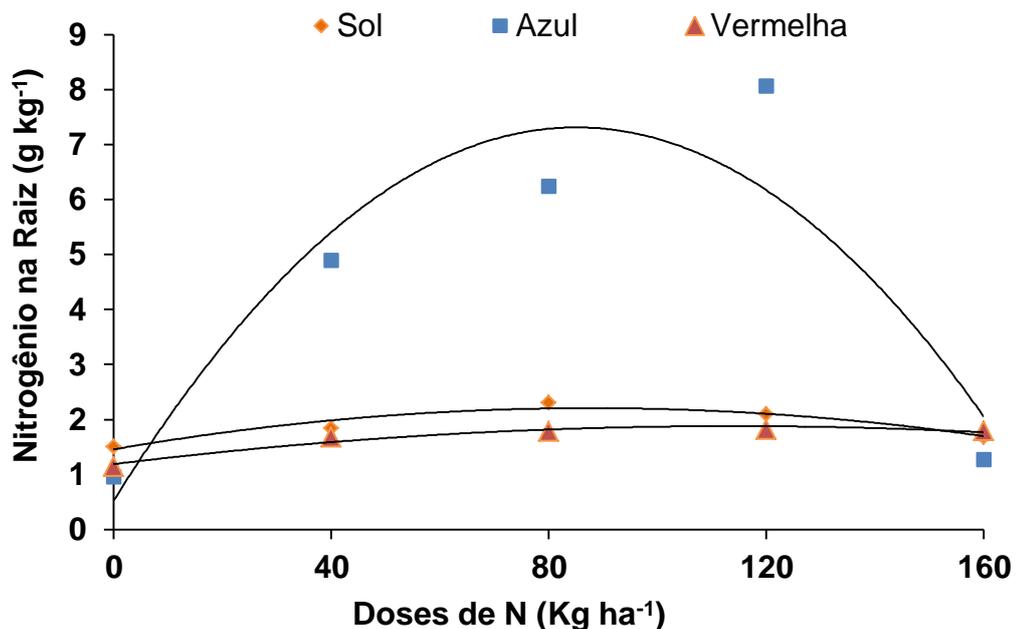


Figura 24: Pleno sol $\hat{y}^{**} = 1,4583 + 0,0171x - 0,0001x^2$ $R^2 = 0,9165$; Azul $\hat{y}^{**} = 0,5287 + 0,1595x - 0,0009x^2$ $R^2 = 0,8515$; Vermelha $\hat{y}^{**} = 1,1896 + 0,0121x - 0,00005x^2$ $R^2 = 0,949$; Nitrogênio acumulado na Raiz das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz

Quanto ao N total acumulado nas plantas, nota-se que houve uma elevação neste parâmetro com o aumento do N fornecido as plantas até as doses estimadas de 90,75 kg ha⁻¹ de N (pleno sol), 82,00 kg ha⁻¹ de N (malha vermelha) e 95,50 kg ha⁻¹ de N (malha azul), estas doses promoveram médias de 6,51; 10,91 e 18,32 g kg⁻¹, respectivamente. Comparando-se as médias máximas verificadas com as obtidas nas testemunhas (0 kg ha⁻¹), notam-se incrementos de 25,23 % (pleno sol), 55,46 % (malha vermelha) e 39,80 % (malha azul) (Figura 25).

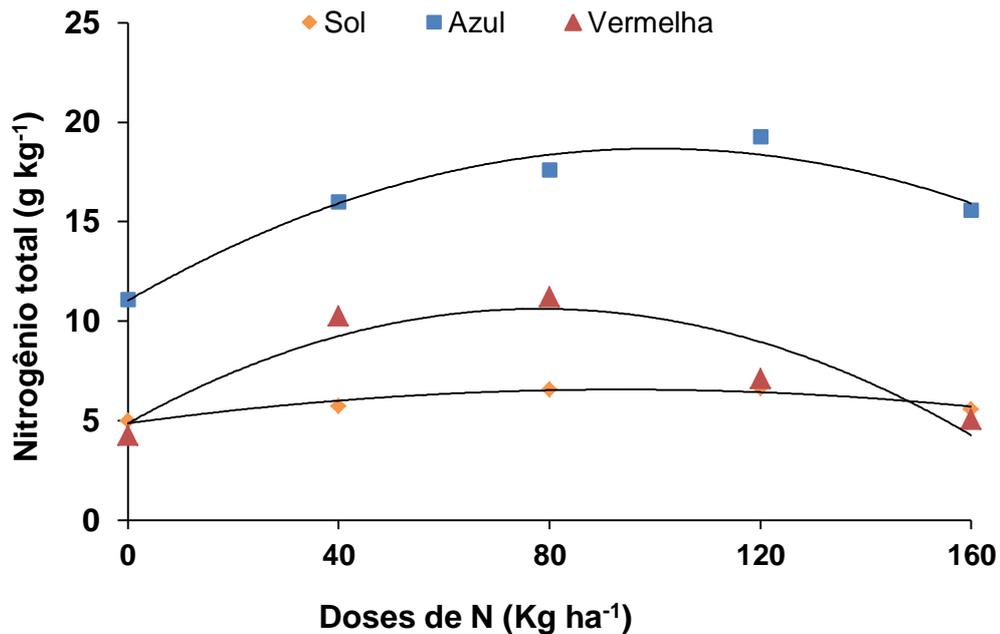


Figura 25: Pleno $\hat{y}^{**} = 4,8674 + 0,0363x - 0,0002x^2$ $R^2 = 0,9185$; Azul $\hat{y}^{**} = 11,028 + 0,1528x - 0,0008x^2$ $R^2 = 0,9603$; Vermelha $\hat{y}^{**} = 4,8589 + 0,1476x - 0,0009x^2$ $R^2 = 0,8479$. Nitrogênio total das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz

Com os resultados obtidos nos parâmetros relacionados ao acúmulo de N, pode-se notar que as plantas cultivadas sob as malhas apresentaram um maior acúmulo de nitrogênio quando comparadas as cultivadas a pleno sol. A malha azul se destacou quanto ao nitrogênio acumulado no caule, na raiz e na planta como um todo, apresentando valores significativamente superiores aos encontrados nas plantas submetidas à qualidade de luz vermelha e pleno sol, em todas as doses testadas.

No entanto, apesar de ser um ambiente sombreado as plantas de erva cidreira sob malha vermelha não apresentaram acúmulo N, como observado nas sob malha azul, além de apresentar desempenhos distintos, na folha e no caule quando submetidas a doses de N, portanto tal resultado torna necessário que se realize estudos futuros, sob o desempenho do acúmulo de nitrogênio em diferentes qualidades de luz.

Os resultados encontrados para a adição de nitrogênio concordam com os resultados de outros trabalhos em ambientes sombreados, como o de Silva & Marengo, (2001) que avaliaram o teor de nitrogênio em *Ischaemum rugosum* sob três níveis de sombreamento e observaram que o maior (70 %) nível de sombreamento, promovem maiores teores de nitrogênio na planta.

Lima Filho & Malavolta (1997), verificaram que sobre menores níveis de N a expansão e a divisão celular diminuem, havendo redução no tamanho de todas as partes morfológicas da planta, principalmente flores. Fato que justificaria a menor área foliar nas plantas de erva cidreira sob pleno sol (Figura 8A).

O acúmulo de fósforo nas folhas, apresentou um desempenho quadrático com a elevação das doses N, verificando-se que as doses estimadas que promoveram as maiores médias foram de 32,14 kg ha⁻¹ de N (pleno sol), 79,37 kg ha⁻¹ de N (malha vermelha) e 94,32 kg ha⁻¹ de N (malha azul), estas doses promoveram médias de 1,83; 2,19 e 2,49 g kg⁻¹, respectivamente. Comparando-se as médias máximas verificadas com as obtidas nas testemunhas (0 kg ha⁻¹) notam-se incrementos de 3,68 % (pleno sol), 22,82 % (malha vermelha) e 37,76 % (malha azul) (Figura 26).

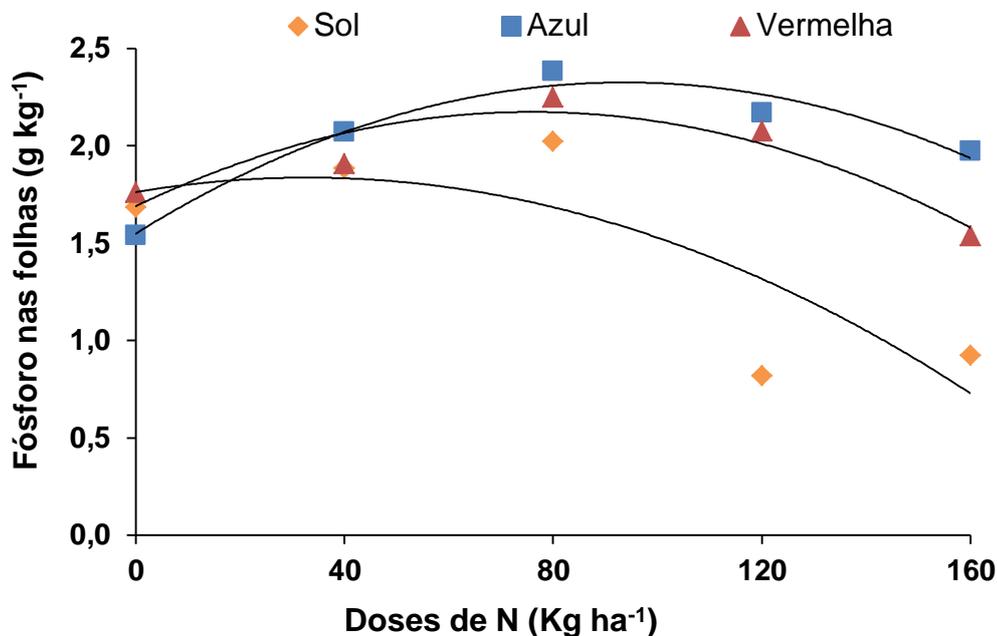


Figura 26: $\text{sol}_{\hat{y}^{**}} = 1,7626 + 0,0045x - 0,00007x^2$ $R^2 = 0,6718$; $\text{Azul}_{\hat{y}^{**}} = 1,5497 + 0,0166x - 0,000088x^2$ $R^2 = 0,959$; $\text{Vermelho}_{\hat{y}^{**}} = 1,6903 + 0,0127x - 0,00008x^2$ $R^2 = 0,8635$. Fósforo acumulado nas folhas das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

De modo geral, o P foi o principal nutriente em proporcionar acúmulo de biomassa, traduzindo sua importância nos estádios iniciais de crescimento da espécie. No entanto, seu requerimento pela planta é baixo, apresentando teor máximo de 2,49 mg kg⁻¹ na parte aérea, o que indica que a espécie é adaptada às condições de baixa fertilidade do solo.

No caule nota-se que o P acumulado se elevou neste com o aumento do fornecimento de nitrogênio as plantas até as doses estimadas de 107,22 kg ha⁻¹ de N (pleno sol), 86,66 kg ha⁻¹ de N (malha vermelha) e 86,67 kg ha⁻¹ de N (malha azul), estas doses promoveram médias de 1,63; 1,98 e 2,34 g kg⁻¹, respectivamente. Comparando-se as médias máximas verificadas com as obtidas nas testemunhas (0 kg ha⁻¹) notam-se incrementos de 63,71 % (pleno sol), 45,52 % (malha vermelha) e 19,35 % (malha azul) (Figura 27).

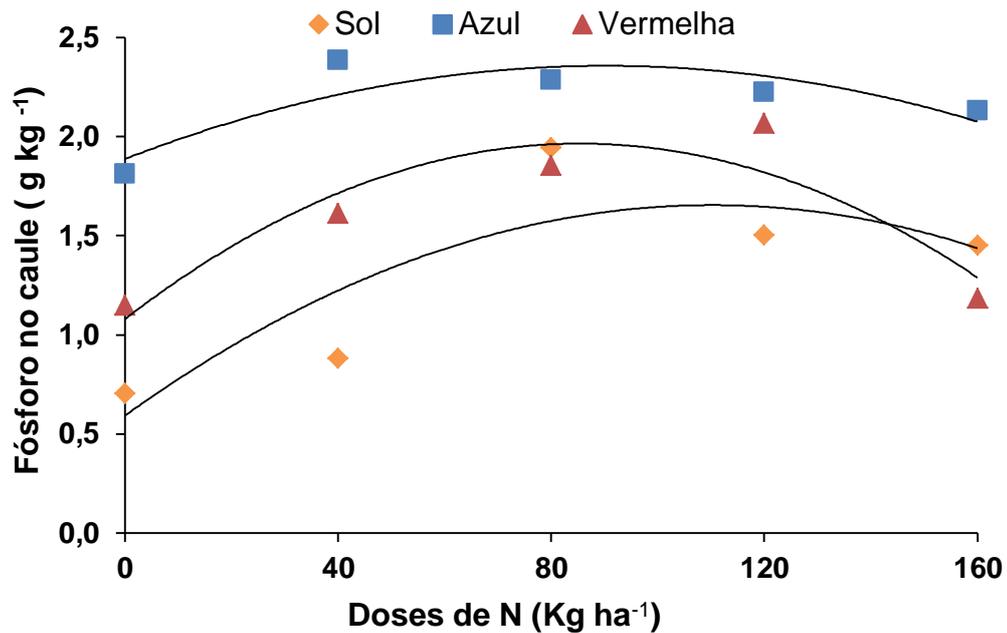


Figura 27: $\text{sol}_{\hat{y}^{**}} = 0,5916 + 0,0193x - 0,00009x^2$ $R^2 = 0,716$; $\text{Azul}_{\hat{y}^{**}} = 1,8871 + 0,0104x - 0,00006x^2$ $R^2 = 0,7412$; $\text{Vermelho}_{\hat{y}^*} = 1,0787 + 0,0208x - 0,00012x^2$ $R^2 = 0,8496$. Fósforo acumulado no caule das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Quanto às raízes, com relação ao fósforo acumulado, pôde-se notar que o desempenho das plantas submetidas a pleno sol e malha azul não se ajustaram a nenhum modelo de equação para este parâmetro. Nas plantas sob malha vermelha verificou-se que houve aumento no P acumulado com a elevação das doses de N, até a dose estimada de 93,43 kg ha⁻¹ de N, que proporcionou um acúmulo de 2,45 g kg⁻¹ de P (Figura 28).

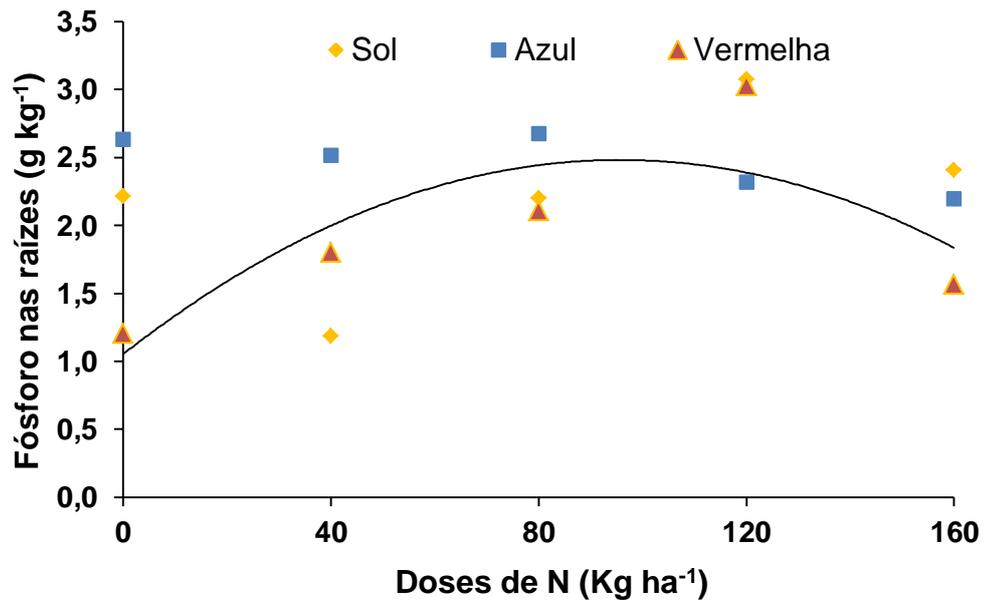


Figura 28: $Vermelho_{\hat{y}^*} = 1,053 + 0,0299x - 0,00016x^2$ $R^2 = 0,6568$. Fósforo acumulado na raiz das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

O P total acumulado aumentou com a elevação do N fornecido as plantas até as doses estimadas de 82,00 kg ha⁻¹ de N (pleno sol), 106,33 kg ha⁻¹ de N (malha vermelha) e 70,25 kg ha⁻¹ de N (malha azul), estas doses promoveram médias de 5,46; 6,75 e 7,32 g kg⁻¹, respectivamente. Comparando-se as médias máximas verificadas com as obtidas nas testemunhas (0 kg ha⁻¹), notam-se incrementos de 24,62 % (pleno sol), 17,41 % (malha vermelha) e 39,80 % (malha azul) (Figura 29).

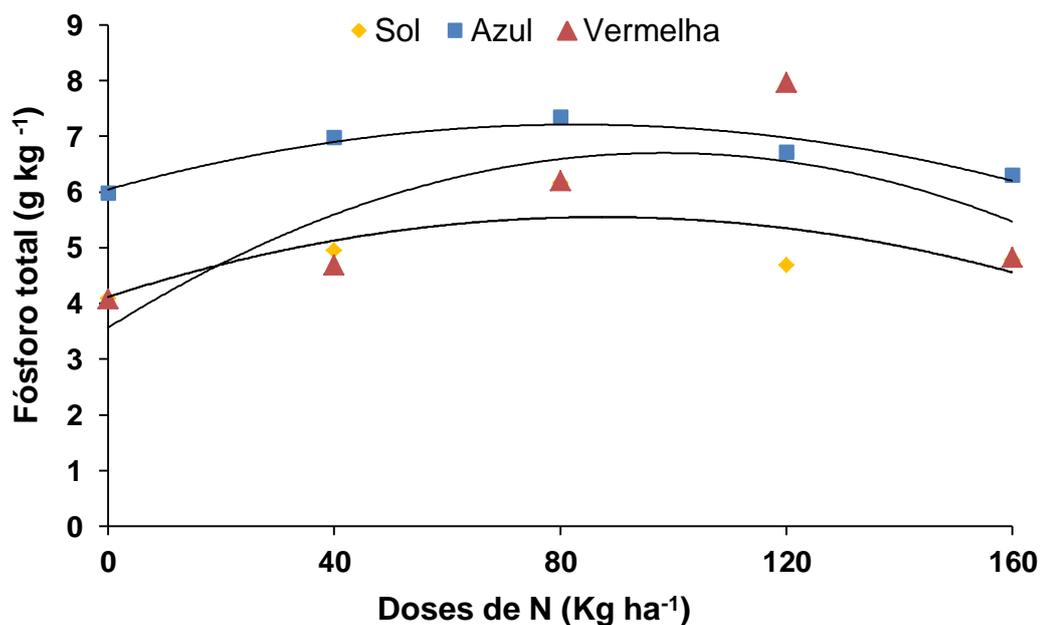


Figura 29: Pleno sol $\hat{y}^* = 4,1158 + 0,0328x - 0,0002x^2$ $R^2 = 0,6007$; Azul $\hat{y}^{**} = 6,0454 + 0,0281x - 0,0002x^2$ $R^2 = 0,9071$; Vermelho $\hat{y}^* = 3,5634 + 0,0638x - 0,0003x^2$ $R^2 = 0,622$. Fósforo total das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Com os resultados obtidos nos parâmetros relacionados ao P, pode-se notar que as plantas cultivadas sob as malhas apresentaram um maior acúmulo de P nas folhas e caule quando comparadas as cultivadas a pleno sol, sendo que a malha azul se mostrou mais eficiente quando comparada a vermelha em todas as doses de N testadas.

O aumento da concentração deste nutriente nas plantas é responsável por características importantes de crescimento e desenvolvimento como, maior fitomassa foliar e maiores áreas foliares, sendo a última capaz de interferir diretamente nas taxas fotossintéticas das espécies (SOUZA et al., 2011c), diante da afirmação, justifica-se que as menores área foliares nas plantas de erva cidreira sob pleno sol, podem ter ocorrido devido as menores taxas de fósforo na mesma (Figura 14).

As plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maior acúmulo de potássio ($70,59 \text{ g kg}^{-1}$) nas folhas, quando comparadas as sob malhas, nota-se que houve incrementos de 24,29 e 36,19 % no potássio acumulado nas folhas quando se comparou o tratamento pleno sol com as malhas vermelha ($53,44 \text{ g kg}^{-1}$) e azul ($70,59 \text{ g kg}^{-1}$), respectivamente (Figura 30).

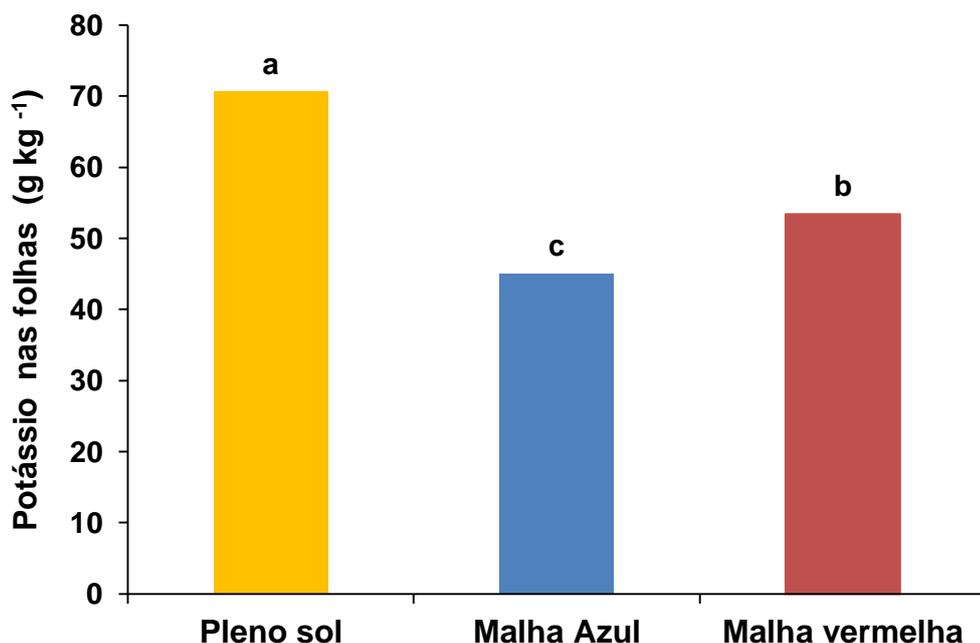


Figura 30: Potássio acumulado nas folhas das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

O K acumulado no caule das plantas cultivadas sob malha vermelha ($54,87 \text{ g kg}^{-1}$) foi superior ao verificado na malha azul ($42,89 \text{ g kg}^{-1}$) e pleno sol ($46,12 \text{ g kg}^{-1}$). Nota-se que houve incrementos de 15,95 e 21,83 % no potássio acumulado no caule quando se comparou o as plantas sob malha vermelha, com malha azul e pleno sol, respectivamente (Figura 31).

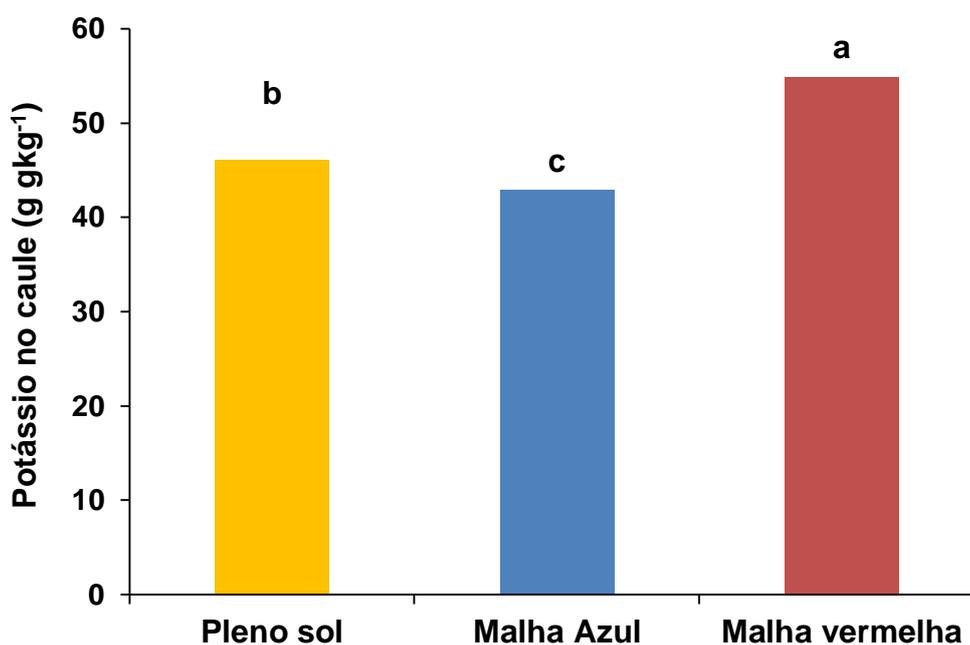


Figura 31: Potássio acumulado no caule das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

As plantas cultivadas a pleno sol ($9,28 \text{ g kg}^{-1}$) apresentaram menor acúmulo de K nas raízes quando comparado às cultivadas sob malha azul ($13,24 \text{ g kg}^{-1}$), sendo observada uma redução de 29,91 % no potássio acumulado nas raízes quando se comparou estes tratamentos. Não houve diferença significativa entre as plantas cultivadas sob plantas azul e vermelha para este parâmetro, sendo que o tratamento da malha vermelha também não diferiu do pleno sol (Figura 32).

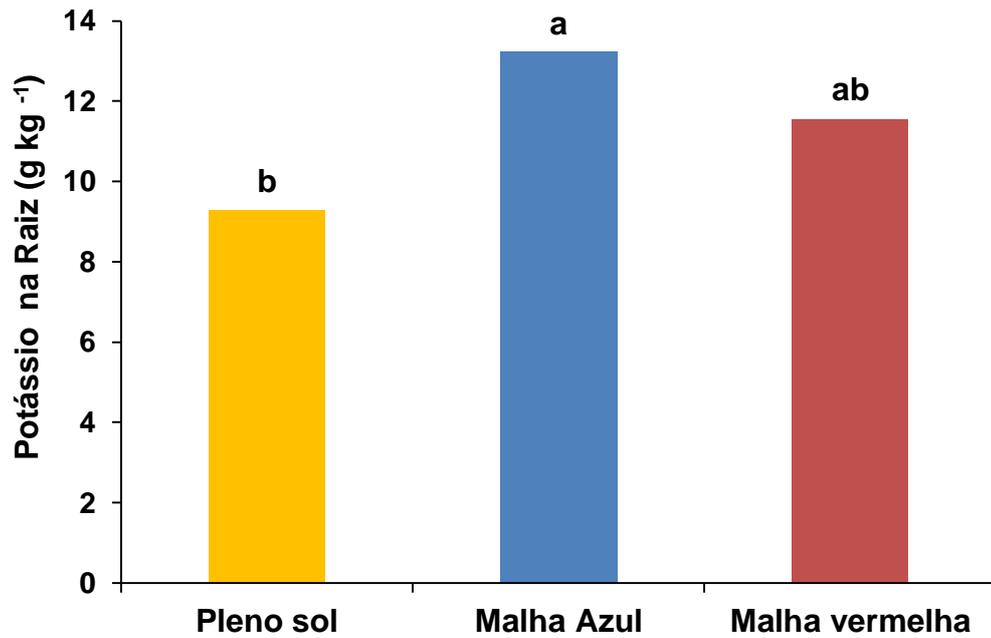


Figura 32: Potássio acumulado na Raiz das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Quanto ao potássio total acumulado nas plantas pôde-se verificar que a malha azul proporcionou a menor média ($100,41 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparada a malha vermelha ($119,87 \text{ g kg}^{-1}$) e pleno sol ($126,76 \text{ g kg}^{-1}$), verificando um decréscimo no K acumulado de 16,23 e 20,79 % respectivamente (Figura 33).

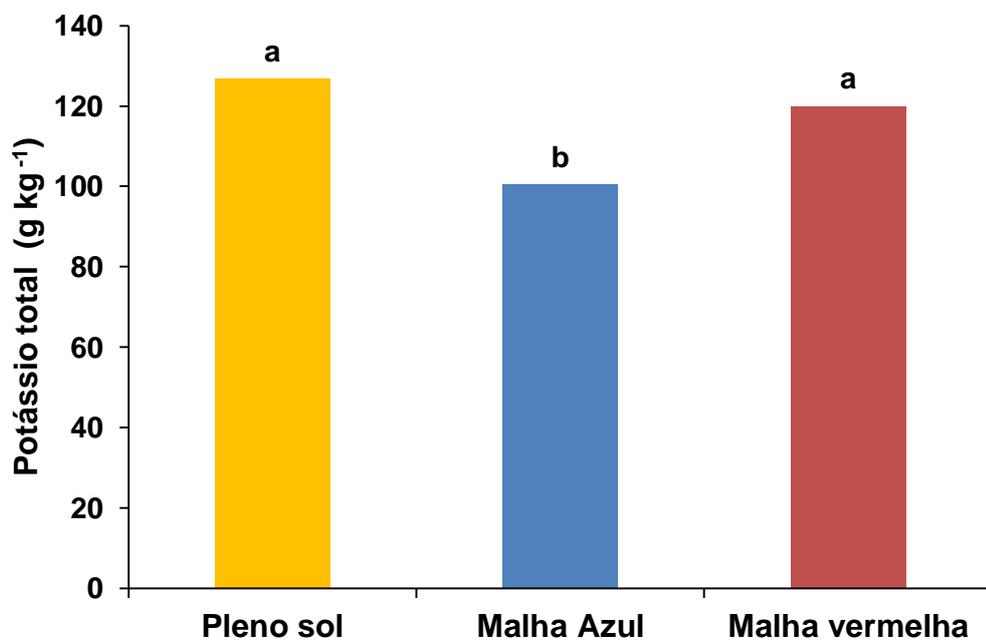


Figura 33: Potássio total das plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Com os resultados obtidos nos parâmetros relacionados ao acúmulo de K, pode-se notar que as plantas cultivadas sob a malha azul apresentaram menor acúmulo na parte aérea quando comparadas as cultivadas a pleno sol e malha vermelha, enquanto que nas raízes as plantas cultivadas sob malhas (azul e vermelha) apresentaram um maior acúmulo, quando comparadas as sob pleno sol

De acordo com a média dos tratamentos, o teor de nutrientes na parte aérea da erva cidreira apresentou a seguinte ordem decrescente: $K > N > P$ para os macronutrientes, esses resultados corroboram com o trabalho de Maia et al, (2007) que verificaram ao avaliar extração de nutrientes pela parte aérea de carqueja sob influência de fontes de nitrogênio, a mesma ordem, no entanto, neste experimento foi avaliado a presença de todos os macronutrientes e micronutrientes, no entanto não foi considerado a influência da luz.

CONCLUSÕES

As plantas sob malha azul, apresentam maior fitomassa seca das folhas e maior acúmulo nitrogênio e fosforo, além de não diferirem com a malha vermelha para os teores de clorofila *a*, *b* e total (*a+b*), entretanto, essa resposta depende da quantidade de nitrogênio a ser aplicado, exceto para área foliar e razão de área foliar.

Observa-se que a utilização de 70 a 120 Kg ha⁻¹ de N, é suficiente para estimular maior comprimento de raiz, teor de clorofila (*a*, *b* e *total*) e massa seca de folhas.

Por meio dos resultados obtidos, pode-se concluir que a maior dose de N, proporcionou maior concentração de nitrogênio na folha e caule nas plantas sob malha azul, conseqüentemente maior crescimento de plantas de erva cidreira.

REFERENCIAS

ALVES; A. R. Quantificação de biomassa e ciclagem de nutrientes em áreas de vegetação de caatinga no município de Floresta, Pernambuco. 2011. 116f. **Tese** (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

ABREU, C. B.; SANTOS, A. R.; SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, U. C.; SILVA, J. S. Qualidade de luz no crescimento inicial de plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em ambiente controlado. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16; p. 1855-1862, 2013.

ASSMANN, S. M, SHIMAZAKI, K. The multisensory guard cell, stomatal responses to blue light and abscisic acid. **Plant Physiology**. v.119, p.809-815,1999.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. **Jaboticabal**: FUNEP, p.42, 2004.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSA, L. F.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FERRI, P. H.; CORREA, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1401-1407, 2009.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. de S.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Arvore**, v.30, n. 3, p. 351-357, 2006.

CALIXTO, J. B. Efficacy, safety, quality control, market and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.33, n.2, p. 179-189, 2000.

CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; COSTA, A. G.; JESUS, H. C. R.; ALVES, P. B. Produção, teor e composição química do óleo essencial de hortelã-japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Horticultura brasileira**, v. 31, n. 2, 2013.

COELHO, R.A.; MATSUMOTO, S.N.; LEMOS, C.L.; SOUZA, F.A. Nível de sombreamento, umidade do solo e morfologia do cafeeiro em sistemas agroflorestais. **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.95-102, 2010.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B.; REIS, É. S.; MOREIRA, C. M. Crescimento de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de folhas de orégano sob malhas coloridas. **Global Science And Technology**, v. 5, n. 1, p. 11-22, 2012.

CORTÉS, A. M. P.; BIASI, L. A.; SERRAT, B. M.; NAKASHIMA, T. Extração de nutrientes pela parte aérea de carqueja sob a influência de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1809-1812, 2007.

COSTA, L. C. D. B., PINTO, J. E. B. P., CASTRO, E. M. D., ALVES, E., BERTOLUCCI, S. K. V., & ROSAL, L. F. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 349-359, 2010.

COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, p. 534-540. 2012.

DESCHAMPS, C., MONTEIRO, R., MACHADO, M. P., BIZZO, H., & BIASI, L. A. Produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha x piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.14, n.1, p.12-17, 2012.

EHLERT, P.A.D.; MING, L.C.; MARQUES, M.O.M.; FENANDES, D.M.; ROCHA, W.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, R.F. Influência do horário de colheita sobre o rendimento e composição do óleo essencial de erva-cidreira brasileira [*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.15, n.1, p.72-77, 2013.

ETHUR, L. Z.; JOBIM, J. C.; RITTER, J. G.; OLIVEIRA, G & TRINDADE, B. S. Comércio formal e perfil de consumidores de plantas medicinais e fitoterápicos no município de Itaquí-RS. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.2, p.121-128. 2011.

EVANS, J.R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment**, v.24, p.755-767, 2001.

FAITHFULL, N. T. Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook. Wallingford: CABI Publishing, p. 262, 2002.

FARQUHAR, G. D; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Reviews of Plant Physiology**. v.33, p. 317-345. 1982.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FLEXAS, J; MEDRANO, H. Drought-Inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitation revisited. **Annals of Botany**, Oxford, v.89, p. 183-189, 2002.

FREITAS, J. C. D. O.; ALMEIDA, A. A. F. D.; FRAGASSI LAGO, M.; SOUZA, M. M. D. características morfofisiológicas de plantas clonais de *Passiflora alata* crescidas em diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 3, p. 859-872, 2012.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v.83, p.423-429, 1999.

GOMES, I. A. C. CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; ALVES, J. D.; ALVARENGA, M. I. N.; ALVES, E.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; FRIES, D. D. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. Oeiras sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 109-115, 2008.

HENRIQUE, P. C.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. F. P.; LIVRAMENTO, D. E. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p. 458-465, 2011.

HOAGLAND, D. R. & J. P. ARNON. The water culture method for growing plants without soils. **California Agricultural Experimental Station**, Berkeley. 347 p. 1950.

JANANI, J.K. ANÁLISE DE CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DE ERVACIDREIRA (*Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britt & Wilson) CULTIVADA EM SOLUÇÃO NUTRITIVA. 2011. 74 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.

JONES, J. B. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Printed in the United States of America. **CRC. Press**, p.205-206, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004. 531p.

LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.53, n.370, p.773-787, 2002.

- LAVRES JÚNIOR, J. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para o capim-mombaça. Piracicaba, 2001. 103 f. **Dissertação (Mestrado)** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- LIMA FILHO, O. F.; MALAVOLTA, E. Sintomas de desordens nutricionais em estévia *Stevia reubadiana* (Bert.) Bertoni. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, 1997.
- LIMA, J. C.; OLIVEIRA, U. C.; SILVA, J. S.; SOUZA, G. S.; Adubação fosfatada e qualidade de luz na produção de biomassa do capim-limão. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p, 2013.
- LUZ, J. M. Q., SANTOS, V. A., RODRIGUES, T. M., ARRIGONI BLANK, M. F., & ASMAR, S. A. Estabelecimento in vitro e aclimatização de *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. Revista brasileira de plantas medicinais, v. 16, n. 2, supl. 1, p. 444-449, 2014.
- MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.
- MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; SILVA, A. P. O. Avaliação do crescimento e teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum grantissimum*. L cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 102-107, 2008.
- MAY, A.; SUGUINO, E.; MARTINS, A. N.; PINHEIRO, M. Q. Produção de biomassa e óleo essencial de *Mentha citrata* em função do manejo cultural e adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 5, n. 3, p. 370-375, 2010.
- MEIRA, M.R.; MARTINS, E.R.; MANGANOTI, S.A. Crescimento e produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 352-357, 2012.
- MONTANARI JUNIOR, I. Domesticação de plantas medicinais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 255, p. 52 - 56, 2010.
- LUNZ, A.M.P.; SILVA JÚNIOR, E.C.; DE OLIVEIRA, L.C. Efeito de diferentes níveis de sombreamento no crescimento inicial de Unha de gato (*Uncaria tomentosa* Willd.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.16, n.4, p.866-873, 2014
- OLIVEIRA, M. I.; CASTRO, E. M.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, n.1, p.56-62. 2009.
- OLIVEIRA, G.C. Desempenho fotossintético, anatômico e produtivo de *Melissa officinalis* L. cultivadas sob malhas coloridas. 2014. 44f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** Universidade do Oeste Paulista, 2014.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 51-76, 2011.

PEREIRA, O.G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K.G.; SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; CECON, P.R. Crescimento do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n.1, p.30-35, 2012.

PERINI, V. B. M.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; LIMA, S. O.; AGUIAR, R. W. S.; MOMENTÉ, V. G. Efeito da adubação e da luz na produção de biomassa do capim citronela. **Bioscience Journal**, v.27, n.6, p.924-929, 2011.

PINTO, J. E. B. P.; FERRAZ, E.O.; BERTOLUCCI, S.K.V.; SILVEIRA, H.R.O.; SANTOS, A.R.; SILVA, M.S. Produção de biomassa e óleo essencial em mil folhas cultivada sob telas coloridas. **Horticultura brasileira**, v.32, n.3, p.321-326, 2014.

POMPEU, R.C.F.F.; CÂNDIDO, M.J.D.; LOPES, M.N.; GOMES, F.H.T.; LACERDA, C. F.; AQUINO, B.F.; MAGALHÃES, J.A. Características morfofisiológicas do capim-aruana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.11, n.4, p.1187-1210, 2010.

RODRIGUES, L.R.F. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido Jaboticabal: Funep. 762p, 2002.

SABBI, L. B. C.; ÂNGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia**, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 65, n. 2, p. 171-181, 2010.

SIEBENEICHLER, S. C.; FREITAS, G. A.; SILVA, R.R.; ADORIAN, G. C.; CAPELLARI, D. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (vell.) tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazônica**; v. 38, n.3, p.467-472. 2008.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciência Agroveterinárias**, v. 8, n. 2, p.152-163, 2009.

SILVA, R. A. L.; SOARES, J. D. R.; DIAS, G. D. M. G.; PASQUAL, M.; CHAGAS, E. A.; GAVILANES, M. L. Cultivo de tamarindo sob malhas coloridas: plasticidade anatômica foliar. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 238-244, 2015.

SOUZA, G. S.; PINTO, J. E. B. P.; RESENDE, M. G.; BERTOLUCCI, S. K. V.; SOARES, Â. M., & CASTRO, E. M. Crescimento, teor de óleo essencial e conteúdo de cumarina de plantas jovens de gaúco (*Mikania glomerata* Sprengel) cultivadas sob malhas coloridas. **Biotemas**, v. 24, n. 3, p. 1-11, 2011a.

SOUZA, G.S.; CASTRO, E.M.; SOARES, A.M.; SANTOS, A.R.; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, suplemento 1, p.1843-1854, 2011b.

SOUZA, G. S.; SILVA, J. S.; SANTOS, A. R.; GOMES, D. G.; OLIVEIRA, U. C. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em alfavaca cultivada sob malhas coloridas e adubação fosfatada. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.13; p. 206-306, 2011c.

SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, U. C.; SILVA, J. S.; LIMA, J. C. Crescimento, produção de biomassa e aspectos fisiológicos de plantas de *Mentha piperita* L. cultivadas sob diferentes doses de fósforo e malhas coloridas. **Global Science and Technology**. v. 6, n. 3, p.35-44, 2013.

SOUZA, G. S.; SILVA, J. S.; OLIVEIRA, U. C.; SANTOS NETO, R. B.; SANTOS, A. R.; Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de plantas de alecrim cultivadas sob telas coloridas. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 30, n. 3. p. 232-239, 2014.

SOUZA, A.V.V.; SANTOS, U.S.; SILVA, F.P.; SOUZA, D.D.; SANTOS, M.C.; OLIVEIRA, F.J.V. Efeito da adubação mineral e do estresse hídrico no rendimento de óleo essencial de alecrim do mato. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, (Suplemento - CD Rom), 2012.

ZHANG. S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN L. Temperature dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO₂ assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday higher irradiance. **Photosynthetica**, v.39, p.383-388, 2001.

TAVARES, I. B.; MOMENTÉ, V. G.; NASCIMENTO, I. R. *Lippia alba*; estudos químicos, etnofarmacológicos e agrônômicos. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.204-220, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2004.

WEATHERBURN, M. W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, v.39, p.971-974, 1967.

VICTÓRIO, C.P.; KUSTER, R.M.; LAGE, C.L.S. Qualidade de luz e produção de pigmentos fotossintéticos em plantas in vitro de *Phyllanthus tenellus* Roxb. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl.2, p.213-215, 2007.

CAPÍTULO 2

RENDIMENTO, COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL, ANATOMIA E TROCAS GASOSAS DE ERVA CIDREIRA BRASILEIRA CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras E DOSES NITROGÊNIO ³

³ Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.

RENDIMENTO, COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL, ANATOMIA E TROCAS GASOSAS DE ERVA CIDREIRA BRASILEIRA CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras E DOSES NITROGÊNIO.

Autor: Aglair Cardoso Alves

Orientador: Anacleto Ranulfo dos Santos

Coorientador: Girlene Santos de Souza

RESUMO: Objetivou-se avaliar a qualidade de luz com uso de malhas coloridas e doses de nitrogênio no rendimento, teor, composição de óleo essencial e anatomia de *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown. O experimento seguiu em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições, em esquema fatorial 5 X 3, sendo cinco doses de N (0; 40; 80; 120 e 160 Kg ha⁻¹) tendo como fonte a ureia x e três condições de qualidade de luz com malhas ChromatiNet nas cores azul e vermelha e a pleno sol. Foram avaliados: rendimento, teor e composição química do óleo essencial, espessura da epiderme adaxial (Ead), abaxial (Eba) e mesofilo (M). Com os resultados obtidos, observou-se o rendimento, teor e composição do óleo não sofreram influência significativa ($p > 0,05$) da interação entre a qualidade de luz e as doses de nitrogênio, exceto para os parâmetros anatômicos avaliados. Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) dos efeitos simples da qualidade de luz e das doses de N para o rendimento e composição de óleo essencial. Com os resultados obtidos, observou-se que o ambiente de cultivo e as doses de N promove alterações anatômicas nas plantas de *L. alba*, expressa sob pleno sol maior média de mesofilo, no entanto, para isso as plantas sob pleno sol necessitam de doses superiores de N, de aproximadamente o triplo para malha azul e o dobro para malha vermelha, sob malha azul observou-se maior presença de ativos no óleo essencial em relação aos demais tratamentos. Os componentes majoritários neral e geranial não sofreram influência dos tratamentos. O maior rendimento de óleo essencial é obtido na dose estimada 65 kg ha⁻¹ de N, com rendimento de 0,27 (g/planta) independente do uso das malhas.

Palavras chave: óleo essencial, plantas medicinais, adubação nitrogenada.

INCOME COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL, ANATOMY AND EXCHANGES HERB GAS ERVA CIDRERA BRASILEIRA shading nets DOSES AND NITROGEN..

Author: Aglair Cardoso Alves

Adviser: Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Advisor: Girlene Santos de Souza

Abstract: This study aimed to evaluate the quality of light with the use of colored nets and nitrogen levels on yield, content, essential oil composition and anatomy of *Lippia alba* (Mill) N.E Brown. The experiment was a completely randomized design with five replicates in a factorial 5 x 3, with five N rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ N) whose source the x and urea three conditions of light quality with mesh ChromatiNet colors (blue and red) and full sun. Were evaluated: yield, content and chemical composition of essential oil, thickness of the adaxial epidermis and abaxial mesophyll. With the results obtained, there was the yield, oil content and composition did not suffer significant influence ($p > 0.05$) of the interaction between the quality of light and nitrogen levels, except for the evaluated anatomical parameter. There was significant effect ($p \leq 0,01$) Single quality light effects and N rates on the yield and chemical composition. With the results, it was observed that the growth environment and the N doses promotes anatomical changes in plants of *L. alba*, expressed in full sun most media mesophyll, however, for it plants in full sun need doses higher N, approximately three times for blue mesh and double to red mesh under blue mesh there was a higher presence of assets in the essential oil in relation aso other treatments. The neral and geranial major components not influenced by treatments. The highest yield is obtained at a dose of 65 kg ha⁻¹ N, with yield of 0.27 (g / plant) independent of the use of the meshes.

Keywords: essential oil, medicinal plants, nitrogen fertilization.

INTRODUÇÃO

De acordo com BRASIL, (2013) o mercado mundial de fitoterápicos movimenta cerca de US\$ 44 bilhões de dólares, e apesar de não ter dados oficiais do mercado brasileiro, as estimativas variam entre US\$ 350 milhões e US\$ 550 milhões. Verifica-se então que há uma alta demanda por compostos químicos vegetais para produção de fitoterápicos. No Brasil, muitas espécies de plantas medicinais são importadas, isso ocorre, devido a oferta irregular, além da baixa qualidade dos produtos nacionais (TELES, 2010).

A *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br., pertencente à família Verbenaceae, é originária das Américas do Sul e Central, desenvolve-se bem em regiões de clima tropical subtropical e temperado (GOMES, 1993; CARMONA et al., 2013), conhecida como erva-cidreira, erva-cidreira brasileira, erva-cidreira-do-campo (CORRÊA JUNIOR et al., 1991). Esta espécie é utilizada popularmente como calmante, para controlar problemas estomacais, para tratar insônia e nervosismo (NASCIMENTO et al., 2013)

As propriedades terapêuticas da espécie estão associadas ao óleo essencial, armazenado nas folhas, mais precisamente nos tricomas secretores (presentes na epiderme foliar) e nos parênquimas paliçádico e lacunoso (GOMES et al., 1993). Os compostos citral, carvona e linalol são os constituintes majoritários desta espécie no entanto, a composição é variável, pois depende de fatores externos como: estágio de desenvolvimento, localização geográfica, características de solo, clima e outras condições locais.

O óleo essencial possui importância comercial, já que constituem um dos mais importantes grupos de matéria prima para indústria, farmacêutica, perfumaria e afins (SOARES e DIAS. 2013), devido as propriedades calmante, antiespasmódica suave, analgésica, sedativa, ansiolítica e levemente expectorante (MATTOS et al., 2007). Também possui alguns compostos com atividades antiprotozoários, bactericida e fungicida (TAVARES et al., 2011).

Diversos estudos estão sendo realizados acerca da produção de plantas medicinais, a fim de desenvolver a cadeia produtiva das espécies e consequentemente alcançar maiores índices de produção de matéria seca e princípios ativos de interesse econômico e farmacológico (SOUZA et al., 2014). Assim, a utilização de malhas com transmissão seletiva de radiação UV tem sido

estudadas visando obter maiores produtividade produção de metabólitos secundários em plantas medicinais e aromáticas (MEIRA et al., 2012; CORRÊA et al., 2012; CHAGAS et al., 2013 e SOUZA et al., 2014).

As malhas fotoconversoras são capazes de modificar tanto a quantidade como a qualidade da radiação solar transmitida, determinando modificações óticas da dispersão e reflectância da luz. O espectro da malha azul apresenta um pico principal de transmitância na região do azul-verde (400-540 nm), enquanto a malha vermelha possui maior transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm (OREN-SHAMIR et al., 2001).

Em experimentos com malhas coloridas, Souza et al. (2011) observaram que as condições de luminosidade podem condicionar diferentes respostas morfofisiológicas desejáveis e maximizar a produção de princípios ativos, Corrêa et al. (2012) constataram que a quantidade e a qualidade da radiação solar podem ser moduladas a fim de se obter compostos que valorizam o óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L), Martins et al. (2009) constataram que através da quantidade e a qualidade da radiação solar é possível obter características anatômicas desejáveis diretamente associadas à produção de óleo essencial, em alfavaca-cravo, influenciando seu potencial medicinal e valor comercial.

Além da qualidade e quantidade de luz, há relatos na literatura Ram et al. (1995); Sangwan et al. (2001) que a adubação nitrogenada influencia o teor e a qualidade dos óleos essenciais, devido ao aumento da fitomassa por área, área foliar e taxa fotossintética. DESCHAMPS et al. (2012) em estudos com *Mentha x piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio observaram que o nitrogênio inorgânico aplicado nas formas de uréia e sulfato de amônio, pode alterar significativamente a qualidade e teor do óleo essencial, e assim garantir a boa produtividade de óleo essencial e alto teor de mentol.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da luminosidade e da disponibilidade de nitrogênio no teor, rendimento, composição de óleo essencial, anatomia foliar e trocas gasosas de erva cidreira cultivada sob malhas fotoconversoras e doses nitrogênio

MATERIAL E MÉTODOS

Produção das plantas

As plantas de erva cidreira foram produzidas a partir de estacas em viveiro com nível de sombreamento de 50 % de transmitância na região fotossinteticamente ativa, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Os ramos utilizados para a estaquia foram produzidos a partir de uma planta matriz, cuja a espécie foi identificada pelo professor Doutor Márcio Lacerda Lopes Martins da UFRB e a exsicata encontra-se depositada no Herbário da referida Universidade, situado em Cruz das Almas-Ba. O número de tombamento da planta é HURB 8806.

As estacas foram enraizadas em substrato espuma fenólicas, sendo estas conduzidas em bandejas de polipropileno de 200 células, com 15 cm de profundidade. A irrigação nesse período foi realizada diariamente com solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), modificada a ½ da força iônica. A solução nutritiva foi composta por macro e micronutrientes na concentração em mg L⁻¹: N=210, P = 31, K = 234, Ca = 200, Mg = 48 e S = 64, com pH = 5,6 (±1)

Após o enraizamento, as plantas foram transplantadas para vasos de plásticos 5 cm³ de capacidade, contendo uma mistura de solo, areia, Plantimax ® (3:1,5:0,5). O solo utilizado como substrato foi coletado na camada de 0 a20 cm de profundidade e trata-se de um Latossolo amarelo, coletado no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA (Tabela 1).

Tabela 1: Características químicas do solo utilizado no experimento (anteriormente a aplicação de nitrogênio), Cruz das Almas 2014.

pH	P	K	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	S	V	MO
H ₂ O	- mg dm ⁻³ -		----- cmol dm ⁻³ -----				-----		----- % -----		
6,54	78	105	6,5	4,8	1,7	0,0	0,8	7,8	6,9	89,9	2,27

*Análise realizada no Laboratório de Análise de Fertilizantes, solo e Monitoramento Ambiental LTDA – LAFSMA, Cruz das Almas/ BA.

Implantação e delineamento experimental

O experimento foi realizado no campo experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, no Município de Cruz das Almas, Bahia (12°40" S; 39°06" W; 226 metros de altitude, no período de janeiro de 2014 à março de 2014.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 5 repetições, em esquema fatorial 5 X 3, sendo cinco doses de N (0; 40; 80; 120 e 160 Kg ha⁻¹) tendo como fonte a ureia e três condições de qualidade de luz: obtidas com o uso das malhas coloridas ChromatiNET vermelho e azul (Polysack Plastic Industries) e o tratamento a pleno sol que foi utilizado como testemunha. Totalizando 75 unidades experimentais.

A adubação de plantio com N foi realizada sete dias após as plantas serem transferidas para o vaso e a adubação de manutenção foi realizada vinte e cinco dias após a primeira adubação com N na forma de ureia.

Extração do óleo essencial

Aos 60 dias após o transplante das plantas, foram coletadas folhas para obtenção do óleo essencial, as mesmas foram acondicionadas individualmente em sacos de papel, levadas a estufa, com circulação forçada de ar, 45 °C, durante 96 horas, após esse período, as folhas foram pesadas para separação do máximo de massa seca possível (gramas de massa seca), e foram destinadas para extração de óleo essencial, através do método de hidrodestilação por arraste de vapor d'água, dotado de um aparato do tipo Clevenger graduados, (SANTOS et al., 2004 a).

A extração do óleo essencial foi realizada no Laboratório de produtos naturais (LAPRON) do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

As folhas secas foram cortadas com tesouras e, em seguida, 1 g foi utilizada na determinação do teor de umidade, que foi feita e triplicata no determinador de umidade (Série ID Versão 1.8 Marte®.); as amostras de 45 vegetais foram secas a temperatura de 100° C, até que não houvesse variação na pesagem de 0,1 % em 30 s.

Em torno de 40 g das amostras foram colocadas em balão de vidro de 5 L contendo água destilada em volume suficiente para cobertura total do material vegetal, iniciando o processo de hidrodestilação. Foram utilizados aparatos do tipo Clevenger graduados, acoplados nos balões de vidro, que foram aquecidos por mantas térmicas elétricas com termostato. O processo de extração foi conduzido durante 3 horas, contadas a partir da condensação da primeira gota, sendo verificado o volume de óleo extraído na coluna graduada do Clevenger. Posteriormente, com o uso da pipeta do tipo Pasteur, o óleo foi acondicionado em frasco de vidro com capacidade para 2 ml, etiquetado e armazenado em congelador comercial a -5°C até a realização da análise química.

Obtenção do teor e rendimento de óleo essencial

De acordo com SANTOS et al. (2004 a) foi realizado o cálculo de teor do óleo essencial (Equação 1), a partir da base livre de umidade (BLU), que corresponde ao volume (mL) de óleo essencial em relação a massa seca.

Equação 1:

$$T_o = \frac{V_o}{\frac{B_m - (B_m \times U)}{100}} \times 100$$

Onde: T_o = Teor de óleo (%); V_o = Volume de óleo extraído; B_m = biomassa aérea vegetal; $(B_m \times U)$ = Quantidade de umidade presente na biomassa; $B_m - (B_m \times U)$ = Quantidade de biomassa seca

O rendimento de óleo essencial foi obtido a partir da multiplicação entre o teor de óleo e a massa seca de folhas produzida.

Cromatografia Gasosa/Espectrometria de Massas/Detector de Ionização em Chama (CG/EM/DIC), Identificação dos componentes químicos do óleo essencial.

As análises foram realizadas utilizando um CG/EM/DIC (GCMSQP2010 Ultra, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com um amostrador com injeção automática AOC-20i (Shimadzu). As separações foram realizadas em uma coluna capilar de sílica fundida Rtx®-5MS Restek (5%-difenil-95%-dimetilpolisiloxano) 30 m x 0,25 mm de diâmetro interno, 0,25 mm de espessura de filme, em um fluxo constante de Hélio 5.0 com taxa de 1,0 mL min⁻¹.

A temperatura de injeção foi de 280 °C, 1,0 µL (10 mg mL⁻¹) de amostra foi injetado, com uma razão de split de 1:30. A programação de temperatura do forno iniciou-se a partir de 50 °C (isoterma durante 1,5 min), com um aumento de 4 °C min⁻¹, até 200 °C, em seguida, a 10 °C min⁻¹ até 300 °C, permanecendo por 5 min. Para o CG/EM as moléculas foram ionizadas por ionização por elétrons com energia de 70 eV.

Os fragmentos analisados por um sistema quadrupolar programado para filtrar fragmentos/íons com m/z na ordem de 40 a 500 Da e detectados por um multiplicador de elétrons. O processamento de dados foi realizado com software CGMS Postrun Analysis (Labsolutions-Shimadzu).

O processo de ionização para o CG/DIC foi realizado pela chama proveniente dos gases hidrogênio 5.0 (30 mL min⁻¹) e ar sintético (300 mL min⁻¹). As espécies coletadas, e a corrente elétrica gerada foi amplificada e processada. O processamento de dados foi realizado utilizando o software CG Postrun Analysis (Labsolutions- Shimadzu).

Identificação dos constituintes do óleo essencial

A identificação dos constituintes foram realizados com base na comparação dos índices de retenção da literatura (ADAMS, 2007). Para o índice de retenção foi utilizando a equação de Van den Dool e Kratz 1963 em relação a uma série homóloga de n-alcenos (nC9- nC18). Também foram utilizadas três bibliotecas do equipamento WILEY8, NIST107 e NIST21 que permite a comparação dos dados dos

espectros com aqueles constantes das bibliotecas utilizando um índice de similaridade de 80%.

Estudo anatômico

Após 60 dias foram realizadas coletas para as análises anatômicas, sendo utilizadas 3 repetições de cada tratamento perfazendo 45 amostras.

As folhas foram coletadas completamente expandidas do terceiro nó, do ápice para a base, do eixo principal da planta e fixadas em FAA 70 % (formol, ácido acético e álcool etílico) por 72 h e, posteriormente, conservadas em álcool etílico 70 % (JOHANSEN, 1940). O exame anatômico das seções transversais foi feito a partir de cortes realizados na região mediana das folhas.

Os cortes corados com azul de toluidina a 1% foram montados em lâminas semipermanentes, em glicerina 50%. As medições da espessura dos tecidos foram realizadas por meio do fotomicroscópio óptico da marca Leica, modelo DM500, com câmera acoplada ICC50, e as análises e a documentação dos resultados foram realizadas com o software Leica application suite (LAS 041).

Para cada tratamento, foram observados dez campos em cada repetição as variáveis analisadas foram: espessura da epiderme da face adaxial (Ead) e face abaxial (Eab), e o mesofilo (M).

Determinação das trocas gasosas foliares e eficiência fotossintética

As variáveis de trocas gasosas foram obtidas por meio de um analisador de gás infravermelho (IRGA) modelo LCpro, ADC Bioscientific LTD. UK. Os dados foram coletados entre 10:00 e 11:30 horas, no estágio de pré floração em folhas completamente expandidas, em adequado estado fitossanitário e localizadas no terço médio das plantas.

Foram avaliadas a taxa fotossintética líquida (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a transpiração (E) ($\mu \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a condutância estomática (gs) ($\mu \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a concentração interna de CO_2 (Ci) (μmol^{-1}). A partir desses dados foram calculadas as razões: $\text{EUA}=\text{A}/\text{E}$, que corresponde à eficiência instantânea do uso de

água (MACHADO et al., 2005), e $EIUA=A/g_s$, que corresponde à eficiência intrínseca do uso de água (ZHANG et al., 2001) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (MELO et al., 2009)

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com significância ($P < 0,05$) e foi realizado o teste de médias (Tukey 5%), e estudo de regressão, empregando o programa estatístico SISVAR[®] 5.3 (FERREIRA, 2008).

Resultados e discussões

Rendimento

O teor de óleo não sofreu influência significativa ($p > 0,05$) da interação entre a qualidade de luz e as doses de N, no entanto, houve efeito altamente significativo ($p \leq 0,01$) dos efeitos simples da qualidade de luz e das doses de N para o rendimento de óleo essencial (Apêndice J).

O rendimento de óleo essencial não foi influenciado pela qualidade de luz, apresentando um comportamento quadrático com a elevação das doses de N, sendo que a dose estimada de 65 kg ha^{-1} de N, que proporcionou um rendimento de $0,27 \text{ g planta}^{-1}$. Comparando-se a dose estimada com as doses 0 e 160 kg ha^{-1} ($0,23$ e $0,18 \text{ g/planta}$, respectivamente), nota-se que houve um incremento de $15,65$ e $33,43$ %, respectivamente (Figura 1).

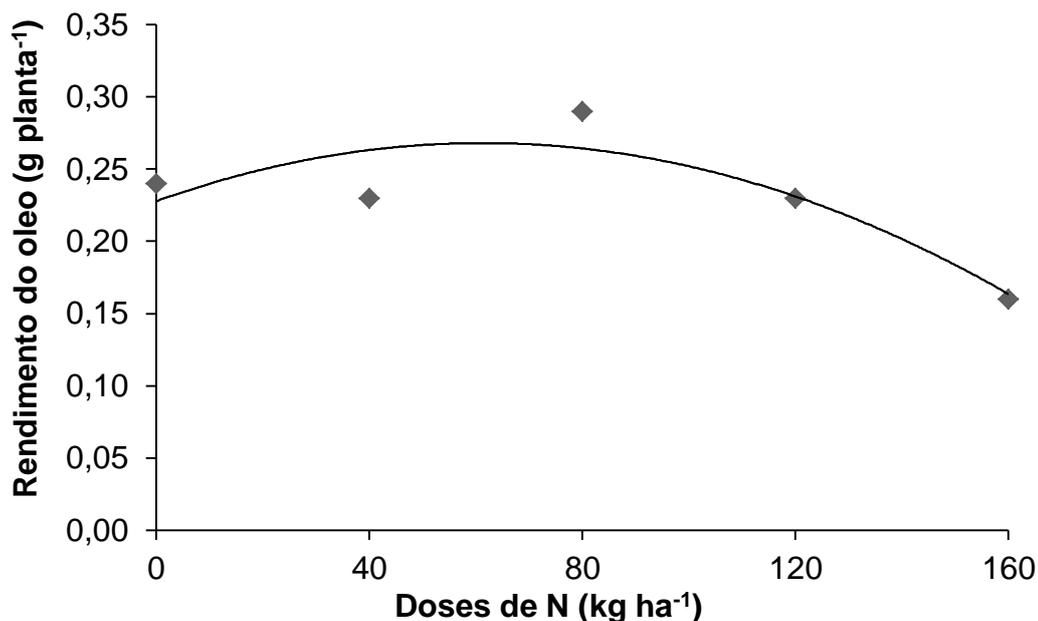


Figura 1: $\hat{y}^* = 0,2277 + 0,0013x - 0,00002x^2$ $R^2 = 0,7761$. Rendimento de óleo essencial de plantas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Estudos com aplicação de N tem demonstrado a importância do mesmo para o rendimento de óleo essencial em plantas medicinais, como foi constatado em patchouli (*Pogostemon cablin* Benth) por Costa et al. (2014) que observaram a influência do nutriente no rendimento das plantas, e estabeleceram que a aplicação 98 Kg ha⁻¹ de N no segundo corte da planta, promoveram maior rendimento de óleo essencial.

Plantas medicinais submetidas a ambientes de baixa fertilidade geralmente apresentam uma maior produção de metabólitos secundários, particularmente derivados fenólicos, porém este fato não ocorre em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio e enxofre, em que a produção de metabólitos secundários é diminuída (GOBBO-NETO e LOPES 2007). Evidenciado a influência positiva do nitrogênio e sua importância na produção de plantas medicinais.

Emengor e Chweya (1992) ao cultivarem camomila (*Chamomila recutita* (L.) Rauschert) em doses crescentes de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N), verificaram aumento nas concentrações de óleo essencial, Amaral et al. (2008) com a mesma espécie, verificaram que as plantas submetidas à maior dose de N (150% N e 100% PK orgânico) apresentaram rendimento de óleo essencial superior apenas em relação às que receberam a menor dose deste nutriente (50% N e 100% PK orgânico).

Singh, (2002) ao avaliar o efeito da irrigação e do N na qualidade do manjeriço (*Ocimum basilicum* L), verificou que doses de 200 kg ha⁻¹ de N, resultou em maior rendimento de biomassa e óleo essencial.

Diante disso, verifica-se que o rendimento de óleo essencial varia de espécie para espécie e depende das condições de cultivo, além disso, o maior rendimento de óleo é resultado do maior acúmulo de biomassa, obtidos muitas vezes após a aplicação de fertilizantes (PINTO et al., 2014; SANGWAN et al. 2001).

De acordo com Pocá et al. (2005), o N assim como outros nutrientes, favorecem a produção de biomassa influenciando indiretamente a produção de óleo essencial, já que, promovem o aumento da biomassa por unidade de área podendo assim, obter um maior rendimento de óleo essencial. RAO (1998), observou que a maioria das plantas aromáticas são sensíveis à deficiência de N e que a aplicação deste, de forma adequada, aumenta a produção de óleo essencial.

Composição do Óleo essencial.

Os componentes do óleo essencial não sofreram influência significativa ($p > 0,05$) da interação entre a qualidade de luz e as doses de N. A quantidade dos constituintes químicos do óleo essencial de erva cidreira demonstraram diferenças em resposta a manipulação espectral.

Por meio da análise química do óleo essencial das folhas de erva cidreira, através da metodologia de van Den Dool, H., e Kratz, P.D. (1963) foram identificados vinte e três compostos, destes compostos, doze são monoterpenos: linalol, neral, sabineno, mirceno, geraneal, limoneno, piperitona, carvona, α -tujeno, p-cimeno, γ -terpineno, terpinen-4-ol e onze sesquiterpenos germacreno B, germacreno D, β -elemeno, (E)-cariofileno, α -humuleno, γ -elemeno, epóxido de humuleno II, óxido de cariofileno, b-bourboneno, epi-cubebol, allo-aromadendreno (Tabela 2).

/: Componentes do óleo essencial de folhas de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Composto	IRR exp.*	IRR lit.**	Malha	Malha	Pleno	CV%
			Azul	vermelha	Sol	
			%			
α -tujeno	921	924	0,28 a	0,25 a	0,21 b	14,17
sabineno	968	969	0,76 a	0,71 a	0,71 a	16,73
mirreno	984	988	2,74 a	2,23 ab	1,58 b	34,00
p-cimeno	1021	1020	6,01 b	6,41 b	9,18 a	25,23
γ -terpineno	1055	1054	1,16 a	0,99 ab	0,85 b	35,05
linalol	1096	1095	1,18 a	1,11 a	1,17 a	16,56
neral	1237	1235	25,43 a	24,68 a	29,18 a	22,90
geraneal	1267	1264	38,07 a	35,96 a	42,07 a	20,13
β -elemeno	1390	1389	0,75 a	1,09 a	0,75 a	26,02
(E)-cariofileno	1423	1417	1,67 a	1,94 a	1,67 a	18,87
γ -elemeno	1432	1434	1,24 ab	1,47 a	0,84 b	50,66
germacreno B	1565	1559	0,59 a	0,69 a	0,60 a	43,46
óxido de cariofileno	1593	1582	4,50 a	4,01a	4,94 a	38,56
epóxido de humuleno II	1619	1608	0,79 a	0,99 a	1,06 a	86,30
α -humuleno	1457	1458	1,19 a	0,55 a	0,47 a	50,50
Limoneno **	1025	1024	2,74	3,45	nd	-
Carvona **	1242	1239	10,12	11,67	0,10	-
b-bourboneno **	1386	1387	0,07	0,09	nd	-
germacreno D **	1487	1484	1,64	1,74	nd	-
Piperitona **	1253	1249	0,033	nd	nd	-
epi-cubebol **	1497	1493	0,067	nd	nd	-
terpinen-4-ol **	1458	1452	nd	0,39	0,42	-
allo- aromadendreno **	1465	1458	0,15	nd	nd	-
Total	-	-	86,08	83,08	95,28	-

*Índice de retenção relativo à série de n-alcanos (C8-C20) em coluna HP-5MS. nd: não detectado

** Para esses compostos não foi possível realizar estatística devido à ausência do elemento durante a análise, dessa forma, foi apenas colocados as médias para não comprometer os dados estatísticos.

Ao observar a quantidade de terpenóides no óleo essencial de erva cidreira, verificou-se que a malha azul proporcionou maior (22) quantidade de compostos em relação a quantidade de terpenóides extraídos do óleo das plantas sob malha vermelha (21) e pleno sol (17). Este resultado representa aumentos de 4,54 e 22,72 % na quantidade de compostos quando se comparou este tratamento a malha vermelha e pleno sol, respectivamente.

Os componentes majoritários encontrados no óleo essencial são neral e geranial. De acordo com Merck (1989), o citral, é resultante da mistura dos isômeros geranial (citral a) e o neral (citral b). Não houve diferença significativa entre os as condições de luminosidade malha vermelha, azul e pleno sol para a produção dos compostos majoritários do óleo essencial (Tabela 3) (Figura 2).

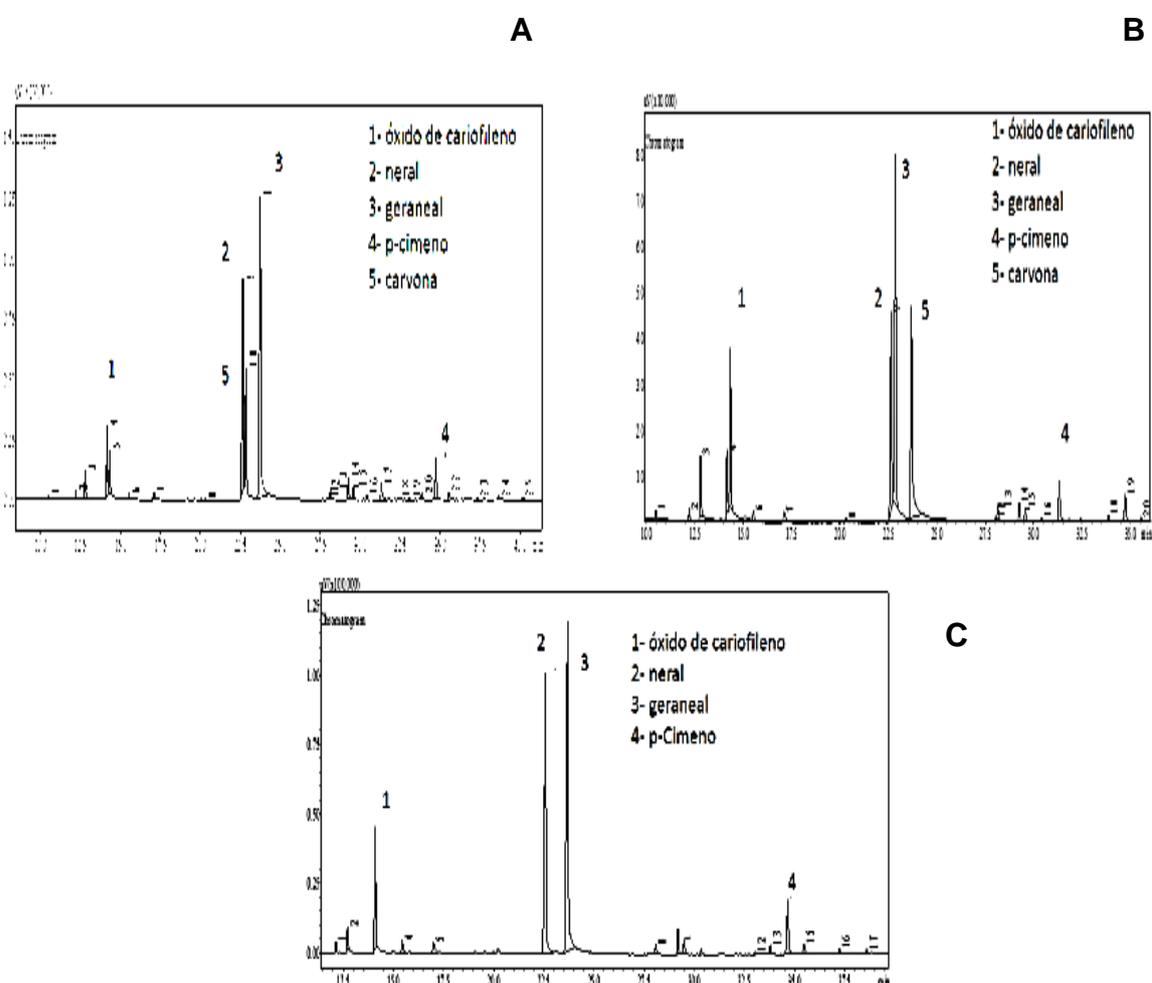


Figura 2: Perfil cromatográfico do óleo essencial das plantas de erva cidreira, cultivadas sob malha azul (A); malha vermelha (B) e pleno sol (C).

Com a soma do citral e geranial, observa-se concentrações de 63,50; 60,64 e 71,25 % de citral, quando as plantas de erva cidreira estavam sendo cultivadas sob

malha azul, vermelha e pleno sol, respectivamente. As concentrações observadas neste estudo, aproximam-se das encontradas por Silva et al. (2006), ao avaliar as concentrações de citral no óleo essencial de erva cidreira cultivada em Ilhéus na Bahia, as concentrações variaram entre 70,6 a 79,0% a depender da época em que era cultivada, atingindo valores mais elevados no período de primavera e Matos, (2000), observaram no nordeste do Brasil ocorrência de óleo essencial de *Erva cidreira* com os constituintes majoritários citral (63,0 %) no quimiotipo II, o mesmo estudado nesta pesquisa.

Os compostos α -tujeno não sofreram influência da qualidade de luz, sendo apenas verificada a influência da intensidade luminosa. Os teores de α -tujeno foram maiores (0,28 e 0,25 %) quando comparada com as plantas cultivadas a pleno sol (0,21 %) (Tabela 3).

Os terpenóides, piperitona e epi-cubebol também não foram observados nas plantas sob pleno sol, no entanto também não foram encontradas nas plantas sob malha vermelha (Tabela 3). Sendo obtidos apenas quando as plantas de erva cidreira eram cultivadas sob luz azul. O monoterpene terpinen-4-ol não foi identificado no óleo essencial das plantas sob malha azul. (Tabela 3).

No cultivado sob pleno sol houve maior concentração de p-cimeno com uma média de 9,18 %, este resultado representa aumentos de 34,53 e 30,17 % na concentração de p-cimeno quando se comparou este tratamento a malha azul e vermelha, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os tratamentos malha vermelha e azul para este parâmetro (Tabela 3).

Quanto às concentrações de limoneno, os resultados indicam que intensidade de luz, afeta a biossíntese de duas classes de terpenóides presentes no óleo essencial de erva cidreira o b-bourboneno, germacreno, já que, não foram observados estes constituintes no óleo essencial da erva cidreira extraído das plantas sob pleno sol.

Os terpenóides, em especial mono e sesquiterpenóides, apresentam diversas funções nos vegetais, algumas ainda pouco estabelecidas para a maioria dos derivados isoprênicos, onde envolvem efeitos de termoproteção, proteção a danos oxidativos, fotorrespiração a altas temperaturas e baixas concentrações de O₂, alelopatia e fotoproteção (BARROS et al., 2009; MACHADO e JUNIOR FERNANDES, 2011).

Existe uma relação entre os compostos limoneno e a carvona, pois os mesmos pertencem à mesma via biossintética (via do ácido mevalônico) (EHLERT et al., 2010). No óleo essencial das plantas de erva cidreira a intensidade de luz afeta a biossíntese do limoneno, já que o composto não foi observado no óleo essencial da erva cidreira extraído das plantas sob pleno sol. O composto químico carvona apresentaram maiores (11,67 e 10,12 %) concentrações quando foram extraídas das plantas sob malha (vermelha e azul), este resultado representa aumentos de 99,01 e 99,14 % na concentração de carvona quando se comparou estes tratamentos a condição de pleno sol (Tabela 3).

Ehlert et al. (2013) ao avaliar a influência do horário de colheita sobre o rendimento e composição do óleo essencial de *Lippia alba*, observaram que, no horário 8 as 10 horas da manhã, ou seja o mesmo horário que foram coletadas as folhas para realização desta pesquisa, apresentaram como principais componentes do óleo essencial: carvona (49,48 %), limoneno (28,66 %), sabineno (2,25 %), γ -terpineno (0,96 %) linalol (1,30 %), elemol (3,62 %), guaiol (0,56 %). Vale salientar que, esse estudo foi realizado em São Paulo, dessa forma apesar das folhas terem sido coletadas em mesmo horário, as condições ambientais são diferentes, o que pode ter acarretado a biossíntese de componentes não observados neste experimento como o elemol e guaiol.

Os óleos essenciais são constituídos de uma mistura de várias substâncias, sendo que os teores de cada uma depende de fatores ambientais onde a planta foi cultivada (ANDRADE e CASALI, 1999)

Pouco se sabe, sobre os mecanismos fisiológicos relacionados a biossíntese de compostos químicos dos óleos essenciais relacionados as respostas das plantas cultivadas em condições de radiação seletiva. Porém, o que se pode afirmar é que para erva cidreira, as plantas sob malhas (azul e vermelha) sofreram mais influência da intensidade de luz que pela variação espectral. No entanto, os compostos majoritários (citrinal e linalol) que atribuem valor comercial à espécie não sofreram variação diante dos tratamentos.

Anatomia

A espessura da epiderme adaxial (EEA), abaxial (EEAB) e espessura do mesofilo (EM) sofreram influência significativa ($p>0,05$) da interação entre a qualidade de luz e as doses de N (APÊNDICE L).

A espessura da epiderme abaxial apresentou um comportamento quadrático com a elevação das doses de N, verificando-se que sob a malha azul a maior espessura foi obtida na dose estimada de 52,37 kg ha⁻¹ (13,97 µm) e sob a vermelha na dose de 99,20 kg ha⁻¹ (14,55 µm), enquanto que sob pleno sol a maior média foi obtida na dose estimada 20,84 kg ha⁻¹ (13,40 µm) (Figura 3A).

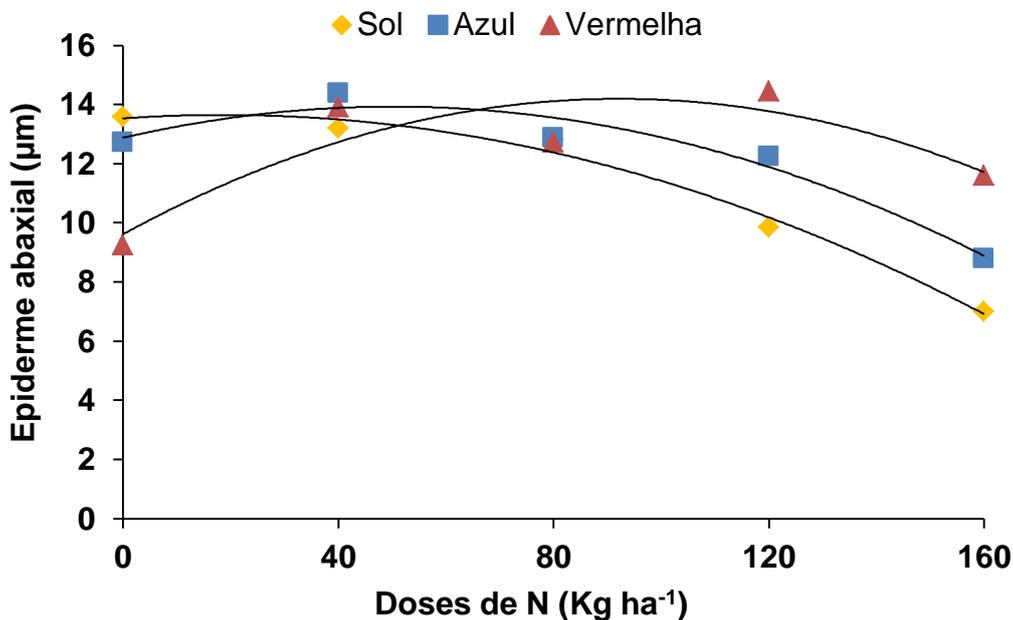


Figura 3: Pleno sol $\hat{y}^{**} = 13,531 - 0,0125x + 0,0003x^2$ $R^2 = 0,9869$; Azul $\hat{y}^{**} = 12,877 + 0,0419x - 0,0004x^2$ $R^2 = 0,8639$; Vermelho $\hat{y}^{**} = 9,6191 + 0,0992x - 0,0005x^2$ $R^2 = 0,76495$. Espessura da epiderme adaxial de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Comparando-se os valores obtidos pode-se notar que as plantas sob malha vermelha apresentaram uma espessura da epiderme adaxial 3,85 e 7,77 % superior à encontrada nas plantas submetidas à luz azul e pleno sol, respectivamente (Figura 3A).

Diferentemente dos resultados encontrados neste trabalho, Costa et al. (2010) que avaliaram a influência das malhas coloridas nos parâmetros anatômicos das plantas de *Ocimum selloi*, não observaram influência significativa, na espessura da face adaxial, Brant et al (2011), observaram maior média na espessura da epiderme na face adaxial de plantas de melissa quando as plantas estavam sendo

cultivadas em ambientes com maior intensidade de luz. Entretanto, para algumas espécies como *Laelia purpurata* var. *cárnea* cultivada sob diferentes intensidades e qualidade espectral de luz, observaram que as plantas cultivadas sob malha azul em sala de crescimento e casa de vegetação apresentaram aumento do tamanho das células da epiderme na face adaxial (SILVA JÚNIOR et al., 2012).

A espessura da epiderme adaxial apresentou comportamento quadrático com a elevação das doses de N, verificando-se que sob a malha azul a maior espessura foi obtida na dose estimada de 95 kg ha⁻¹ (24,17 µm), enquanto que a maior espessura sob a malha vermelha (26,49 µm) e pleno sol (26,49 µm) foi obtida quando não se aplicou o N (0 kg ha⁻¹) (Figura 3B).

Corrêa et al. (2009) forneceram em seu estudo nutrientes na forma de adubação orgânica para as plantas de orégano (*Origanum vulgare* L.) e observaram que as folhas das plantas adubadas apresentam maior epiderme abaxial, e adaxial.

Comparando-se os valores obtidos pode-se notar que a presença do N reduziu a espessura da epiderme abaxial nas plantas sob pleno sol e malha vermelha, enquanto que sob malha azul foi necessária uma dose superior a 90 kg ha⁻¹ de N para que as plantas expressassem o seu potencial máximo neste parâmetro (Figura 3B).

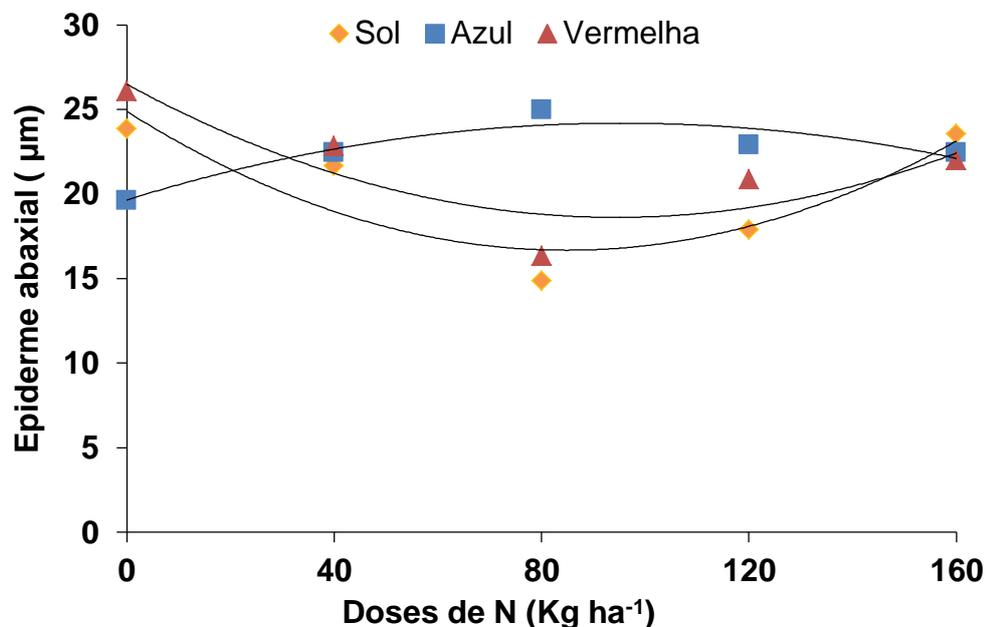


Figura 3: Pleno sol $\hat{y}^{**} = 24,889 - 0,1936x + 0,0011x^2$ $R^2 = 0,8016$; Azul $\hat{y}^{**} = 19,653 + 0,095x - 0,0005x^2$ $R^2 = 0,8639$; Vermelho $\hat{y}^{**} = 26,488 - 0,1667x + 0,0009x^2$ $R^2 = 0,7642$. Espessura da abaxial de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Oliveira et al. (2009) ao avaliarem as características biométricas, anatômicas e fisiológicas da espécie *Artemisia vulgaris* L. (Asteraceae), popularmente conhecida como absinto, observaram que a espécie apresenta maior epiderme da face abaxial quando cultivadas sob malhas na coloração azul e vermelha em relação ao cultivo a pleno sol. No entanto, o acúmulo de nutrientes minerais nos tecidos podem alterar componentes anatômicos na folha (SRIDHAR et al., 2007).

Nas plantas de erva cidreira a espessura do mesofilo aumentou linearmente com a elevação das doses de N no cultivo a pleno sol, observando-se que a dose de 160 kg ha⁻¹ proporcionou a maior espessura (155,07 µm), enquanto que sob as malhas as médias apresentaram um comportamento quadrático com a elevação das doses de N, verificando-se que sob a malha azul a maior espessura foi obtida na dose estimada de 50,23 kg ha⁻¹ (146,98 µm) e sob a vermelha foi obtida com a dose estimada de 89,43 kg ha⁻¹ (133,67 µm) (Figura 3C; Figura 4).

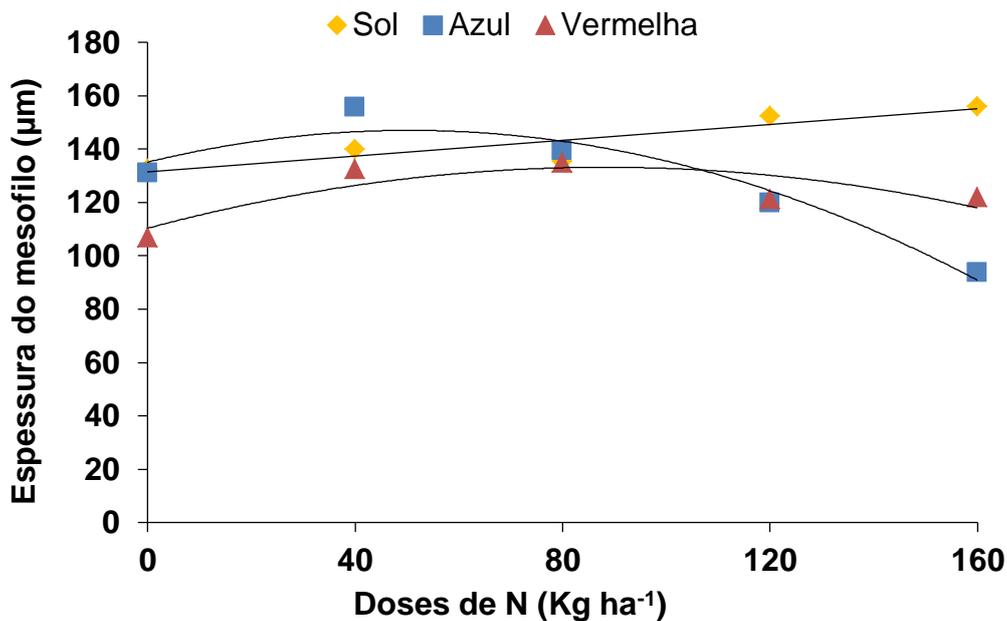


Figura 3: Pleno sol $\hat{y}^{**} = 131,47 + 0,1475x$ $R^2 = 0,8072$; Azul $\hat{y}^{**} = 135,12 + 0,4722x - 0,0047x^2$ $R^2 = 0,9346$; Vermelho $\hat{y}^{**} = 110,36 + 0,5187x - 0,0029x^2$ $R^2 = 0,6994$. Espessura do mesofilo de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

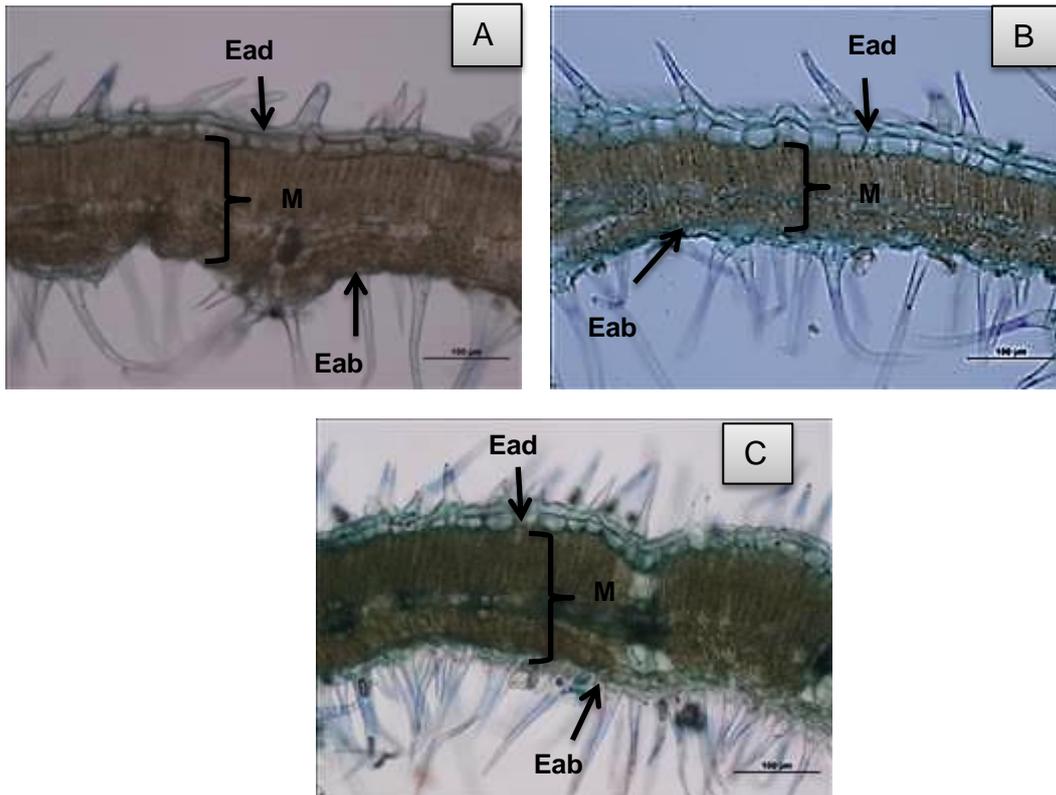


Figura 4. Fotomicrografias de seções transversais da folha de erva cidreira (A-C); corte da folha sob malha azul, submetida à dose 40 kg ha^{-1} (A); seções da folha de erva cidreira sob pleno (B); seções transversais da folha de erva cidreira sob malha vermelha (C); Epiderme da face adaxial (Ead), Epiderme da face abaxial (Eab), Mesofilo (M). (barra=50 μm).

O mesofilo consiste de células parenquimáticas de parede fina contendo cloroplastos, clorênquima, e outras células de paredes fina relacionadas com água, substâncias ergásticas ou chamado armazenamento e produções de resíduo, como por exemplo, cristais, taninos e óleos essenciais (CUTLER, 2011).

Nas plantas de erva cidreira os óleos essenciais, estão armazenados no mesofilo (parênquimas paliçádico e lacunoso) e nos tricomas secretores (presentes na epiderme foliar) (GOMES et al., 1993). Santos et al. (2004 b) caracterizando a anatomia das estruturas secretoras e produção de óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. em função do horário de colheita nas estações seca e chuvosa observaram a presença de óleos em células do mesofilo de folhas.

De acordo Taiz e Zeiger (2004) a estrutura interna das folhas sob pleno sol, costumam ter uma epiderme superior coberta por uma espessa cutícula, e maior desenvolvimento do mesofilo, já que, apresentam uma maior quantidade de camadas, e o tecido paliçádico é mais alongando, em relação às plantas que estão sob ambiente sombreado.

Quanto maior a espessura do mesofilo, ou o número de camadas celulares do mesofilo, maior a eficiência da fotossíntese; entretanto, a exposição a elevadas densidades de fluxo de fótons fotossintéticos pode levar a danos por fotoinibição e fotoxidação do aparato fotossintético (ARAUJO et al., 2009).

A introdução de doses de N pode ter favorecido a síntese da auxina e conseqüentemente acarretado maior desenvolvimento do mesofilo, já que, o elemento é importante na síntese do hormônio desempenhando função estrutural.

A auxina promove crescimento e da distensão celular. Esse hormônio possui como característica, a fotosensibilidade, as moléculas de auxina se concentram nas regiões menos iluminadas da folha. Como há maior concentração em regiões sombreadas, as folhas mais iluminadas apresentam menores teores desse fitohormônio no mesofilo, (MEDRI e LLERAS, 1980).

Comparando-se os valores obtidos pode-se notar que as plantas sob pleno sol apresentaram uma espessura do mesofilo 5,22 e 13,76 % superior a encontrada nas plantas submetidas à luz azul e vermelha, respectivamente. No entanto, para isso as plantas sob pleno sol necessitaram de doses superiores de N, de aproximadamente o triplo para malha azul e o dobro para malha vermelha (Figura 3C).

Modificações em estruturas anatômicas, também foram obtidas por Silva e Nogueira (2011), De acordo com os dados obtidos no experimento, os mesmos observaram que a modulação da radiação recebida por plantas de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf provoca alterações em suas estruturas anatômicas comparando-se os tratamentos.

Trocas gasosas e eficiência fotossintética

Pode-se verificar que houve efeito significativo da interação entre a qualidade de luz e as doses de nitrogênio ($p \leq 0,05$) pelo teste F da análise de variância para os parâmetros de fotossíntese líquida transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiência instantânea do uso da água e eficiência instantânea da carboxilação. Para o parâmetro eficiência intrínseca do uso da água, não foram observadas diferenças significativas. (Apêndice H; Apêndice I).

Quanto taxa fotossintética líquida (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) nota-se que não houve diferença entre as plantas submetidas às diferentes qualidades de luz quando

as mesmas não foram adubadas com N, enquanto que quando foi feita a adubação com N nas doses de 80 e 160 Kg ha⁻¹, nota-se que sob pleno sol houve uma maior taxa fotossintética líquida (43,36 e 48,81 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, respectivamente) quando comparada as plantas sob malha azul (35,36 e 37,06 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, respectivamente) e malha vermelha (32,14 e 31,50 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, respectivamente) (Tabela 4).

Esses resultados, revelam que as plantas de erva cidreira sob pleno sol possuem maior capacidade fotossintética, esse fato está relacionado com a maior assimilação de CO₂, que providência as plantas uma maior quantidade de energia para o crescimento. No entanto, para as plantas sob pleno sol, a grande quantidade de energia resultaram em menor matéria seca folha, com baixo teor de pigmentos fotossintéticos e sinais aparentes de fotoinibição.

Resultados que corroboram com Oliveira et al. (2014) ao avaliar o comportamento fotossintético em plantas de *Melissa officinalis* L, cultivadas sob malhas coloridas., assim como Saraiva et al. (2013) ao avaliar mudas guanandi (*Calophyllum brasiliensis*) observaram que os tratamentos sob malha azul e pleno sol apresentaram maior taxas de fotossíntese.

Comparando-se o efeito das doses dentro de cada tipo de qualidade de luz, observa-se que sob condição de pleno sol e malha azul as plantas adubadas com N (80 e 160 Kg ha⁻¹) apresentaram uma maior taxa fotossintética líquida quando comparada as submetidas à dose 0 Kg ha⁻¹, não sendo observado o mesmo comportamento na malha vermelha onde não houve diferença entre as plantas adubadas e não adubadas, para este parâmetro (Tabela 4).

O acréscimo nos valores de A, com o aumento do suprimento de N é devido à importância do nutriente, que determina a formação de compostos relacionados à fotossíntese tais como transportadores de elétrons, enzima RubisCO e a molécula de clorofila (POMPEU et al., 2010). Freitas et al. (2012) avaliando clones de *Passiflora alata*, sob doses de N, observaram acréscimo nos valores de A, com o aumento no sombreamento e no suprimento de N até a dose 146 mg kg⁻¹, e o decréscimo nas doses subsequentes.

A concentração interna de CO₂ (C_i) não diferiu entre as condições de luz testadas independente das doses de nitrogênio aplicadas. A C_i reflete a disponibilidade de substrato para a fotossíntese, podendo indicar se o fechamento estomático está restringindo a atividade fotossintética (MELO et al., 2009).

As plantas sob pleno sol não adubadas com N apresentaram uma concentração interna de CO₂ (323 μmol⁻¹) superior as adubadas com a dose de 160 Kg ha⁻¹ (288,29 μ mol⁻¹) submetidas à mesma condição de luz. Esse fato pode estar relacionado à redução na abertura dos estômatos, devido ao efeito negativo das doses elevadas de N sobre a condutância do mesófilo (FREITAS et al., 2012).

Durante as trocas gasosas, os estômatos regulam a concentração subestomática de CO₂ (C_i), mantendo o C_i relativamente constante (FARQUHAR e SHARKEY, 1982). Desse modo, o C_i reflete a disponibilidade de substrato para a fotossíntese, podendo indicar se o fechamento estomático está restringindo a atividade fotossintética (MELO et al., 2009).

As concentrações de N presentes no solo, no tratamento 0 Kg ha⁻¹, já foram suficientes para estimular a concentração interna de CO₂ no mesófilo, pois apesar de não ser incrementado nenhum tipo de adubação inorgânica nitrogenada, o percentual de matéria orgânica 2,27 %, presente no solo foi eficiente para promover a abertura estomática e conseqüentemente à absorção de CO₂ atmosférico.

Janani (2011), realizando análise de crescimento e trocas gasosas na *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br, a mesma estudada nesse experimento, observaram na primeira colheita (53 dias) uma concentração interna de CO₂ de 297,7 μ mol⁻¹ em a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), 100% diluída, ou seja menor concentração de nutrientes, e nas diluições de 80 e 70 % a concentração interna foi de 338,7 e 329,7 μ mol⁻¹ respectivamente.

A condutância estomática (gs μ mol H₂O m⁻² s⁻¹) é um fator essencial no controle das trocas gasosas, pois através dos estômatos que ocorre a entrada e saída dos gases fundamentais as plantas. Essa variável é utilizada como base para comparação de processos metabólicos, devido há uma forte relação, ou mesmo co-regulação, entre a condutância estomática e a fotossíntese (FLEXAS e MEDRANO, 2002).

No experimento nota-se que não houve diferença entre as plantas submetidas às diferentes qualidades de luz quando as mesmas não foram adubadas com N. Enquanto que quando foi feita a adubação nas doses de 80 e 160 Kg ha⁻¹, nota-se que sob condição de malha azul houve uma maior condutância estomática (2,24 e 2,51 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente) quando comparada a pleno sol (1,43 e 1,54 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente) e vermelha (1,16 e 1,15 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente).

As células guardas possuem fotorreceptores específicos para luz azul, o que estimulam a abertura estomática e conseqüentemente promove maior condutância estomática (ASSMANN e SHIMAZAKI, 1999).

Resultados similares foram observados em mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliensis*), onde obteve-se maior abertura estomática no cultivo sob tela azul aos 180 DAT em comparação aos outros tratamentos (SARAIVA, 2013).

Sob pleno sol e malha vermelha, os menores níveis de gs, podem ser explicados pelo fato de os estômatos encontram-se fechados, funcionando com uma barreira física à entrada do CO₂ nas células mesófilicas, refletindo em menores taxas de carboxilação.

Ao efeito das doses dentro de cada tipo de qualidade de luz, observa-se que sob malha vermelha e pleno sol não houve diferença entre as plantas adubadas ou não com N quanto a condutância estomática, enquanto que sob malha azul plantas adubadas (80 e 160 Kg ha⁻¹) apresentaram uma maior condutância estomática (2,24 e 2,51 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente) quando comparada as não adubadas (0,88 μmol H₂O m⁻² s⁻¹).

A transpiração não diferiu entre as plantas submetidas às diferentes qualidades de luz quando as mesmas não foram adubadas com N, enquanto que quando foi feita a adubação nas doses de 80 e 160 Kg ha⁻¹, nota-se que sob condição de pleno sol (16,35 e 15,25 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente) e malha azul (14,55 e 16,80 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente) houve uma maior transpiração quando comparada a malha vermelha (8,44 e 10,34 μmol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente). Alves et al. (2011) observaram incrementos na taxa de transpiração com doses de N fornecido na forma de ureia, quando comparado com o salitre do chile.

Quanto ao efeito das doses dentro de cada tipo de qualidade de luz, observa-se que sob condição de malha azul e pleno sol as plantas adubadas com N (80 e 160 Kg ha⁻¹) apresentaram uma maior transpiração quando comparada as submetidas à dose 0 Kg ha⁻¹, não sendo observado o mesmo comportamento na malha vermelha onde não houve diferença entre as plantas adubadas com 160 Kg ha⁻¹ e não adubadas (0 Kg ha⁻¹), para este parâmetro. Resultado semelhante foi observado por Oliveira et al. (2014) em cultivo de *Melissa officinalis* L, cultivadas sob malhas coloridas.

Quanto à eficiência instantânea do uso de água (EUA ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹), variável que relaciona a taxa de carbono fixada por unidade de água perdida no processo transpiratório, nota-se que não houve diferença entre as plantas submetidas às diferentes qualidades de luz quando as mesmas não foram adubadas com N, enquanto que quando foi feita a adubação com N nas doses de 80 Kg ha⁻¹, nota-se que sob a malha vermelha houve uma maior eficiência instantânea do uso de água (4,09) quando comparada as plantas a pleno sol (2,52) e malha azul (2,64). Mostrando que houve maior assimilação de carbono por mol de água transpirada nas plantas de erva cidreira na malha vermelha sob adubação de 80 Kg ha⁻¹.

Quando foi feita a adubação com N nas doses de 160 Kg ha⁻¹, nota-se que sob a malha vermelha (3,58 ($\mu \text{ mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\mu \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹) e pleno sol (3,21 ($\mu \text{ mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\mu \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹) houve uma maior eficiência instantânea do uso de água quando comparada as malha azul (2,21 ($\mu \text{ mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\mu \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹). Diante desse resultado, constata-se a influencia da condutância estomática e fotossíntese. Verificando-se que um decréscimo no gs indica que houve o fechamento dos estômatos que pode ter contribuído para otimizar a eficiência no uso da água nas plantas sob malha vermelha e pleno sol, em relação as plantas cultivadas sob malha azul (SARAIVA, 2013).

Comparando-se o efeito das doses dentro de cada tipo de qualidade de luz, observa-se que sob condição de pleno sol e malha azul não houve diferença entre as plantas adubadas ou não com N quanto a eficiência instantânea do uso de água, enquanto que na malha vermelha as plantas adubadas com 80 Kg ha⁻¹ apresentaram uma maior eficiência instantânea do uso de água (4,09 ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\mu \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹) quando comparada as doses 0 Kg ha⁻¹ (2,14 ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\mu \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹) e 160 Kg ha⁻¹ (3,08 ($\mu \text{ mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\mu \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)⁻¹).

Melo et al. (2009) ao trabalhar doses de crescentes de nitrogênio e potássio em bananeira, quando foram incrementadas somente N, um acréscimo nos valores de EUA, até a dose 266 kg ha⁻¹ de N, e o decréscimo nas doses subsequentes.

Quanto à eficiência instantânea da carboxilação que representa a estimativa da eficiência de carboxilação da enzima rubisco, não diferiu entre as plantas submetidas às diferentes qualidades de luz quando as mesmas não foram adubadas

com N, enquanto que quando foi feita a adubação nas doses de 80 e 160 Kg ha⁻¹, nota-se que sob condição de malha azul houve uma maior eficiência instantânea da carboxilação (0,17 e 0,14; respectivamente) quando comparada as plantas sob pleno sol (0,12) e vermelha (0,10) (Tabela 4).

Comparando-se o efeito das doses dentro de cada tipo de qualidade de luz, observa-se que sob condição de malha azul e pleno sol as plantas adubadas com N (80 e 160 Kg ha⁻¹) apresentaram uma maior eficiência instantânea da carboxilação quando comparada as não adubadas (0 Kg ha⁻¹), não sendo observado o mesmo comportamento na malha vermelha onde não houve diferença entre as plantas adubadas e não adubadas, para este parâmetro.

Os maiores valores de A e gs, foram encontrados nas plantas de erva cidreira cultivada sob malha pleno sol com presença do nutriente, com esse resultado, é possível inferir que essa condição, possibilita maior disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento e também para as rotas metabólicas de defesa, ou seja produção de metabolitos secundários características favoráveis ao cultivo de plantas medicinais.

Tabela 4: Variáveis de trocas gasosas foliares e eficiência fotossintética de erva cidreira submetidas a doses de N cultivadas sob diferentes qualidades de luz.

Concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol^{-1})				Taxa fotossintética líquida (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			
<i>N</i> ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Qualidade de Luz			<i>N</i> ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Qualidade de Luz		
	Sol	Azul	Vermelha		Sol	Azul	Vermelha
0	323,46 Aa	323,96 Aa	306,7 Aa	0	24,78 Ab	22,80 Ab	27,58 Aa
80	305,56 Aab	293,83 Aa	323,1 Aa	80	43,36 Aa	35,70 Ba	32,14 Ba
160	288,29 Ab	307,09 Aa	314,6 Aa	160	48,81 Aa	37,06 Ba	31,50 Ba
Transpiração (E) ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)				A/E: Eficiência instantânea do uso de água ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ($\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ⁻¹			
<i>N</i> ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Qualidade de Luz			<i>N</i> ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Qualidade de Luz		
	Sol	Azul	Vermelha		Sol	Azul	Vermelha
0	9,90 Ab	12,44 Ab	12,98 Aa	0	1,83 Aa	2,50 Aa	2,14 Ac
80	16,35 Aa	14,55 Aab	8,44 Bb	80	2,52 Ba	2,64 Ba	4,09 Aa
160	15,25 Aa	16,80 Aa	10,34 Bab	160	2,21 Ba	3,21 Aa	3,08 ABb
Condutância estomática (gs) ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)				A/Ci eficiência instantânea da carboxilação			
<i>N</i> ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Qualidade de Luz			<i>N</i> ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Qualidade de Luz		
	Sol	Azul	Vermelha		Sol	Azul	Vermelha
0	0,92 Aa	0,88 Ab	1,17 Aa	0	0,073 Ab	0,08 Ab	0,09 Aa
80	1,43 ABa	2,24 Aa	1,16 Ba	80	0,12 ABa	0,14 Aa	0,10 Ba
160	1,54 Ba	2,51 Aa	1,15 Ba	160	0,12 Ba	0,17 Aa	0,10 Ba

** Medias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%

CONCLUSÕES

O maior ($0,27 \text{ g planta}^{-1}$) rendimento de óleo essencial é obtido quando as plantas são submetidas à dose estimada de 65 kg ha^{-1} de N, independente do ambiente de cultivo.

As condições de luminosidade (malha vermelha, azul e pleno sol) não influenciam a percentagem de compostos majoritários neral e geranial, no entanto sob malha azul o óleo possui maior quantidade de ativos quando comparado aos demais tratamentos.

A intensidade luminosa influencia na quantidade de carvona, o cultivo sob malhas (azul e vermelha) favorece a biossíntese do ativo.

As plantas de erva cidreira possuem alta plasticidade fenotípica na anatomia foliar diante das condições de cultivos utilizadas.

Em termos da atividade fotossintética, a presença de nitrogênio é determinante para que sejam alcançadas as maiores médias de fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e eficiência instantânea de carboxilação, independente do ambiente de cultivo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.M.C.; CASALI, V.W.D. **Plantas medicinais e aromáticas: relação com o ambiente, colheita e metabolismo secundário**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 1999.

ADAMS, R.P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy, 4th edition. Illinois USA: Allured Publishing

ARAUJO, A. G.; PASQUAI, M.; MIYATA, L. Y.; CASTRO, E. M.; ROCHA, H. S. Qualidade de luz na biometria e anatomia foliar de plântulas de *Cattleya loddigesii* L. (Orchidaceae) micropropagadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2506-2511, 2009

BARROS, F. M. C. D.; ZAMBARDA, E. D. O.; HEINZMANN, B. M.; MALLMANN, C. A. Seasonal variability and terpenoid biosynthesis of the essential oil of *Lippia alba* (Mill.) NE Brown (Verbenaceae). **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 861-867, 2009.

BRANT, R.S.; PINTO, J.E.B.P.; ROSAL, L.F.; ALVES, C.; OLIVEIRA, C.; ALBUQUERQUE, C.J.B. Adaptações fisiológicas e anatômicas de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) cultivadas sob malhas termorrefletoras em diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.13, n.4, p.467-474, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 156 p. (**Série A. Normas e Manuais Técnicos**). (Série Cadernos de Atenção Básica 2012, n. 31) ISBN 978-85-334-1912-4

CARMONA, F.; ANGELUCCI, M. A.; SALES, D. S.; CHIARATTI, T. M.; HONORATO, F. B.; BIANCHI, R. V.; PEREIRA, A. *Lippia alba* (Mill.) NE Brown hydroethanolic extract of the leaves is effective in the treatment of migraine in women. **Phytomedicine**, v. 20, n.10, p. 947-950, 2013.

CHAGAS, J.H.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.; COSTA, A.G.; JESUS, H.C.R.; ALVES, P.B. Produção, teor e composição química do óleo essencial de hortelã-japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Horticultura Brasileira** v. 31, n. 2, p 297-303, 2013.

CORRÊA JUNIOR, C.; MINET, L.C.; SCHEFFER, M.C. Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas. Curitiba: EMATER/PR. 162 p. 1991

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B.; REIS, É. S.; MOREIRA, C. M. Crescimento de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de folhas de orégano sob malhas coloridas. **Global Science And Technology**, v. 5, n. 1, p. 11-22, 2012

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, É. S., OLIVEIRA, C.; CASTRO, E. M.; DA SILVA BRANT, R. Características anatômicas foliares de plantas de orégano

(*Origanum vulgare* L.) submetidas a diferentes fontes e níveis de adubação submetidas a diferentes fontes e níveis de adubação orgânica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 439-444, 2009.

COSTA, A. G.; DESCHAMPS, Cícero.; CÔCCO, L. C.; SCHEER, A.P. Desenvolvimento vegetativo, rendimento e composição do óleo essencial do patchouli submetido a diferentes doses de nitrogênio no plantio e manutenção. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 387-392, 2014.

COSTA, L. C. D. B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M. D.; ALVES, E.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ROSAL, L. F. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum selloi*. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 349-359, 2010.

CUTLER, D. F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. W.; **Anatomia Vegetal: Uma Abordagem Aplicada** – 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 304p. 2011.

DESCHAMPS, C., MONTEIRO, R., MACHADO, M. P., BIZZO, H., e BIASI, L. A. Produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha x piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.14, n.1, p.12-17, 2012.

EHLERT, P. A. D., MING, L. C., MARQUES, M. O. M., FENANDES, D. M., ROCHA, W. A., LUZ, J. M. Q., e SILVA, R. F. Influência do horário de colheita sobre o rendimento e a composição do óleo essencial de erva-cidreira brasileira [*Lippia Alba* (Mill.) NE Br.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.15,n.1, p.72-77, 2013.

EMENGOR, V.E.; CHWEYA, J.A. Effect of nitrogen and variety on essential oil yield and composition from chamomile flowers. **Tropical Agriculture**, v.69, n.3, p.290-2, 1992.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GOMES, E. C.; MING, L. C.; MOREIRA, E. A.; MIGUEL, O. G.; MIGUEL, M. D.; KERBER, V. A.; WEISS FILHO, A. Constituintes de óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N.E. Br. (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Farmácia**, v.74, n.2, p.29-32, 1993.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. **Berkeley: California Agricultural Experimental Station**, p.347, 1950.

JOHANSEN, DA. Plant Microtechnique. McGraw-Hill, New York, 1940. 523p

MACHADO, B. F. M. T.; JUNIOR, A. F. Óleos essenciais: aspectos gerais e usos em

terapias naturais. **Cadernos Acadêmicos**, v. 3, n. 2, p. p. 105-127, 2011.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO E. M.; SILVA, A. P. O. DA.; OLIVEIRA, C.; ALVES, EDUARDO. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 82-87, 2009.

MATOS, F.J.A. Plantas medicinais: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. 2.ed. Fortaleza: UFC, 2000. 346p

MEDRI, M.E.; LLERAS, E. Aspectos da anatomia de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. *Acta Amazônica*, Manaus, v.10, n.3, p.463-493, 1980.

MELO, A. S.; SILVA JÚNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.

MEIRA, M. R.; MARTINS, E. R.; MANGANOTTI, A. S. Crescimento, produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis*) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 352-357, 2012.

MERCK, The Index. **An encyclopedia of chemical, drugs and biologicals**. 11.ed. New Jersey/EUA: Merck e Co, 1989.

NASCIMENTO, W. D. M. C.; MELO, O. F.; SILVA, I. F.; SOUZA, F. L. Plantas medicinais e sua utilização pelas comunidades do município de sobral, ceará. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, v. 12, n. 1, p. 46-53, 2013.

OLIVEIRA, M. I.; CASTRO, E. M.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009.

OREN-SHAMIR, M. et al. Colored shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.76, n.3, p.353-361, 2001.

PINTO, J. E.; FERRAZ, E. O.; BERTOLUCCI, S. K.; SILVEIRA, H. R.; SANTOS, A. R.; SILVA, G. M. Produção de biomassa e óleo essencial em mil folhas cultivada sob telas coloridas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 321-326, 2014.

POCÁ, A. M. P. C. Biomassa, óleo essencial, perfil fitoquímico e nutrientes da carqueja sob influência de fontes e doses de nitrogênio. Curitiba, 2005. 59p. **Dissertação** (mestrado em Agronomia, Produção vegetal), Universidade Federal do Paraná, 2005.

RAM, M.; KUMAR, S. Yield improvement in the regenerated and transplanted mint *Mentha arvensis* by recycling the organic wastes and manures. **Bioresource Technology**, v.59, n.2, p.141-9, 1997.

RAO, BR. Biomass and essential oil yields of rainfed palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats. var. *motia* Burk.) supplied with different levels of organic manure and fertilizer nitrogen in semi-arid tropical climate. **Industrial Crops and Products**, v. 14, n. 3, p. 171-178, 2001.

SANGWAN, N. S.; FAROOQI, A. H. A.; SHABIH, F.; SANGWAN, R. S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v.6, n.34, p.3-21, 2001.

SANTOS, A.S. Descrição de Sistema e de Métodos de Extração de Óleos Essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em Laboratório. EMBRAPA, 2004 a. (**Comunicado Técnico 99 a**).

SANTOS, M. R. A.; INNECCO, R.; SOARES, A. Caracterização anatômica das estruturas secretoras e produção de óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) NE BR. em função do horário de colheita nas estações seca e chuvosa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 2, p. 377-383, 2004b.

SARAIVA, G. F. R. Influência do uso de telas de sombreamento coloridas (azul, vermelha e preta) na fisiologia da produção de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliensis*). **Dissertação** (Mestrado em Ciências Biológicas). 129f. 2013. Universidade Estadual Paulista Câmpus de Botucatu Instituto de Biociências. 2014.

SILVA JÚNIOR, J. M.; CASTRO, E. M.; RODRIGUES, M.; PASQUAL, M. ; BERTOLUCCI, S. K. V. Variações anatômicas de *Laelia purpurata* var. *cárnea* cultivada in vitro sob diferentes intensidades e qualidade spectral de luz. **Ciência Rural**, v.42, n.3, p.480-486, 2012.

SOARES, B. V.; TAVARES-DIAS, M. Espécies de *Lippia* (Verbenaceae), seu potencial biotivo e importância na medicina veterinária e aquicultura. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 109-123, 2013.

SOUZA, G. S.; SANTOS, SILVA, J.; OLIVEIRA, U. C.; SANTOS NETO, R. B.; SANTOS, A. R. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de plantas de alecrim cultivadas sob telas coloridas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 232-239, 2014.

SOUZA, G. S.; SILVA, J. S.; SANTOS, A. R.; GOMES, D. G.; OLIVEIRA, U. C. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em alfavaca cultivada sob malhas coloridas e adubação fosfatada. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p.296-306, 2011.

SRIDHAR, B. B. M.; HAN, F. X.; DIEHL, S. V.; MONTS, D. L.; SU, Y. Effects of Zn and Cd accumulation on structural and physiological characteristics of barley plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 1, p. 15-22, 2007.

SILVA, E. A.; NOGUEIRA, C. O. G. Anatomia ecológica das folhas de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf em função de diferentes níveis de sombreamento. **Conexão**

ciência , v. 7, n. 1, p. 35-45, 2012

SILVA, N. A. et al. Caracterização química do óleo essencial da erva cidreira (*Lippia alba* (Mill.) NE Br.) cultivada em Ilhéus na Bahia. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 8, n. 3, p. 52-55, 2006.

SINGH, M. Effect of nitrogen and irrigation regimes on the yields and quality of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Spices and Aromatic Crops**, v.11, n.2, p.151-4, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2004.

TAVARES, I.B.; MOMENTÉ, V.G.; NASCIMENTO, I.R. *Lippia alba*; estudos químicos, etnofarmacológicos e agrônômicos. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.204-220, 2011.

TELES, S. Avaliação do teor e da composição química das folhas de *Lippia alba* (Mill) N.E.Br. e *Mentha piperita* L. cultivadas em Cruz das Almas, Santo Antônio e Amargosa, submetidas às diferentes épocas de colheita e processos de secagem. 2010. 93 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2010.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P.D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas—liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, v. 11, 463-471, 1963.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação nitrogenada favorece, o rendimento de óleo essencial de *L. alba*, já o cultivo sob malhas, apesar de representar incrementos nas características de crescimento das plantas, não possibilitaram conversão em ganhos de produção do ponto de vista econômico, pois apesar da maior quantidade de ativos, os compostos majoritários (neral e geranial) do óleo essencial não sofreram influencia dos tratamentos. No entanto, o cultivo sob malhas coloridas influencia a qualidade do óleo essencial de *L. alba*, já que, no presente estudo, pode-se notar a presença de carvona (ativo importante para indústria alimentícia e no controle biológico) apenas no cultivo sobre as mesmas. Dessa forma as malhas podem ser utilizadas com objetivo de manipular características relacionadas à qualidade do óleo de *L. alba* (quimiotipo citral e linalol) .

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de altura (ALT), diâmetro da haste (DIAM), número de folhas (NF) e teores de Clorofila *a* e *b*, em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	ALT (cm)	DIAM (cm)	NF	— CLOROFILA (ICF) —		
				<i>a</i>	<i>b</i>	Total
————— QUADRADOS MÉDIOS —————						
DOSES P ₂ O ₅	709,07 ^{ns}	1,30 ^{ns}	3672,67*	56,93**	39,34**	187,62**
MALHAS	4946,95**	1,67 ^{ns}	120925,63**	194,76**	24,62**	353,72**
DOSE * MALHAS	1037,13*	0,93 ^{ns}	734,50 ^{ns}	33,13**	11,09**	77,64**
CV (%)	6,66	12,53	26,42	4,25	8,54	3,52

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

APÊNDICE B- Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de volume de raiz (VR) e comprimento de raiz (CR), em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	VR	CR
	(cm ³)	(cm)
————— QUADRADOS MÉDIOS —————		
DOSES P ₂ O ₅	22,54**	318,52**
MALHAS	112,45**	411,49**
DOSES * MALHAS	7,81 ^{ns}	149,16**
CV (%)	27,31	22,56

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

APÊNDICE C - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de massa seca de folha (MSF), massa seca da haste (MSH), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIÇÃO	MSF	MSH	MSPA	MSR	MST	R/PA
QUADRADOS MÉDIOS						
DOSES P ₂ O ₅	8,48**	123,74**	723,18**	290,28 **	913,83**	0,63 ^{ns}
MALHAS	4,26**	274,34**	308,66**	931,55 **	2099,52**	0,00**
DOSES *	0,34 ^{ns}	26,12**	30,05**	53,42 ^{ns}	133,80**	0,40 ^{ns}
MALHAS						
CV (%)	13,11	8,96	7,42	26,88	11,94	27,01

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns- Não significativo.

APÊNDICE D - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de área foliar (AF), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e razão de peso foliar (RPF), em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIÇÃO	AF	RAF	AFE	RPF
QUADRADOS MÉDIOS				
DOSES P ₂ O ₅	30692,51 **	16,48**	4419,16**	0,004**
MALHAS	149002,76 **	240,65**	6953,24**	0,007**
DOSES * MALHAS	6531,28 **	4,44 ^{ns}	690,16**	0,000 ^{ns}
CV (%)	17,89	17,80	48,02	18,85

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo

APÊNDICE E - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de nitrogênio na folha (NF), nitrogênio na haste (NH), nitrogênio na raiz (NR), nitrogênio total (NT), em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	NF	NH	NR	NT
	g Kg ⁻¹			
QUADRADOS MÉDIOS				
DOSES P ₂ O ₅	15,87**	1,55 ^{ns}	21,60**	61,63**
MALHAS	82,52**	142,71**	52,49**	718,38**
DOSES * MALHAS	19,37**	0,72 ^{ns}	14,22**	17,56*
CV (%)	15,12	31,27	22,95	13,61

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

APÊNDICE F - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de fósforo na folha (PF), fósforo na haste (PH), fósforo na raiz (PR), fósforo total (PT), em plantas erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	PF	PH	PR	PT
	g Kg ⁻¹			
QUADRADOS MÉDIOS				
DOSES P ₂ O ₅	1,25**	0,90 ^{ns}	1,31**	5,78**
MALHAS	2,17**	7,31**	1,36*	16,52**
DOSES * MALHAS	0,58**	0,90*	0,67*	2,77*
CV (%)	15,56	38,33	24,03	17,05

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

APÊNDICE G - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de potássio na folha (KF), potássio na haste (KH), potássio na raiz (KR), potássio total (KT), em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	KF	KH	KR	KT
	g Kg ⁻¹			
QUADRADOS MÉDIOS				
DOSES P ₂ O ₅	130,57 ^{ns}	24,39 ^{ns}	53,76 ^{ns}	95,33 ^{ns}
MALHAS	4236,48 ^{**}	1037,77 ^{**}	98,33 [*]	4670,25 ^{**}
DOSES * MALHAS	166,66 ^{ns}	165,92 ^{ns}	62,99 ^{ns}	274,22 ^{ns}
CV (%)	17,10	12,64	50,68	12,83

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

APÊNDICE H - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de troca parâmetros fotossintéticos (A) fotossíntese, (E) transpiração,(gs) condutância estomática, (ci) concentração interna de CO₂, em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	A	E	gs	Ci
	($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	(mol mol^{-1})	(mol mol^{-1})
QUADRADOS MÉDIOS				
DOSES P ₂ O ₅	519,61 ^{**}	12,58 ^{ns}	1,43 ^{**}	517,25 ^{ns}
MALHAS	189,65 ^{**}	40,81 [*]	1,31 ^{**}	196,09 ^{ns}
DOSES * MALHAS	80,28 [*]	26,51 [*]	0,59 [*]	648,81 [*]
CV (%)	14,21	15,85	31,78	4,72

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

APÊNDICE I - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de eficiência instantânea do uso de água (**A/E**), eficiência intrínseca do uso de água (**A/g_s**) e eficiência instantânea da carboxilação (**A/Ci**) em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	A/E	A/g _s	A/Ci
DOSES P ₂ O ₅	2,07**	11,43 ^{ns}	0,006**
MALHAS	1,97**	60,15 ^{ns}	0,002**
DOSES * MALHAS	0,78*	53,80 ^{ns}	0,001*
CV (%)	15,90	29,57	16,85

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

APÊNDICE J - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de instantânea do uso de água (EUA), eficiência instantânea do uso de água (EIUA), eficiência instantânea da carboxilação (EiC), em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	TEOR	RENDIMENTO
DOSES P ₂ O ₅	0,14 ^{ns}	0,02*
MALHAS	0,09 ^{ns}	0,00 ^{ns}
DOSES * MALHAS	0,23 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV (%)	21,17	29,90

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

APÊNDICE L - Resumo da análise de variância (*) para as variáveis de espessura da epiderme adaxial (Ead), espessura da epiderme abaxial (Eab), espessura do mesofilo (M), em plantas de erva cidreira em função de doses de nitrogênio e diferentes qualidades de luz, Cruz das Almas, 2014.

FONTES DE VARIAÇÃO	Ead	Eab	M
	(µm)		
QUADRADOS MÉDIOS			
DOSES P ₂ O ₅	89,15**	30,40**	560,37**
MALHAS	183,32**	17,04**	1863,06**
DOSES * MALHAS	202,65**	31,83**	818,41**
CV (%)	11,22	4,75	6,39

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.