



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MARIA DA SAÚDE DE SOUSA RIBEIRO

ECOFISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DE ALECRIM PIMENTA NAS CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS DO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ

FORTALEZA-CE
2015

MARIA DA SAÚDE DE SOUSA RIBEIRO

ECOFISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DE ALECRIM PIMENTA CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS DO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Aiala Vieira Amorim

FORTALEZA-CE
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- R37e Ribeiro, Maria da Saúde de Sousa.
 Ecofisiologia e produtividade de alecrim pimenta nas condições edafoclimáticas do Maciço de Baturité, Ceará / Maria da Saúde de Sousa Ribeiro. – 2015.
 90 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.
 Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.
 Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
 Coorientação: Profª. Dra. Aiala Vieira Amorim.
1. Plantas medicinais. 2. Crescimento (Plantas). 3. Trocas gasosas. 4. Solutos orgânicos e inorgânicos. 5. Essências e óleos essenciais. I. Título.

MARIA DA SAÚDE DE SOUSA RIBEIRO

ECOFISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DE ALECRIM PIMENTA NAS
CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 20/02/15

BANCA EXAMINADORA

Claudivan Feitosa de Lacerda

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Aiela Vieira Amorim

Prof. Dr.ª Aiela Vieira Amorim (Coorientadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

Nildo da Silva Dias

Prof. Dr. Nildo da Silva Dias (Conselheiro)
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

Elton Camelo Marques

Dr. Elton Camelo Marques (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará - UFC

À Deus.

Aos meus pais, José e Inês.

Aos meus irmãos.

Aos meus avós, Antônia, Bernardo, Pedro (*In memoriam*) e Beatriz.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças em todos os momentos da vida, fazendo com que eu nunca desista de nenhum desafio e assim chegasse aonde estou hoje.

Aos meus pais, José Melo Ribeiro e Inês Maria de Sousa Ribeiro, que me incentivaram, apoiaram e me deram toda força e amor do mundo.

Aos meus irmãos, que mesmo distantes, rezaram, torceram e comemoraram comigo a cada nova conquista.

Ao professor Claudivan Feitosa de Lacerda, por ter me recebido de braços abertos no início do mestrado, bem como me auxiliado mesmo distante e com tantos afazeres no período do seu pós-doutorado.

À professora e amiga Aiala Vieira Amorim, por sua amizade, carinho, dedicação e orientação durante todo o mestrado. Ela ensinou-me a ser uma pessoa melhor tanto profissional como pessoa.

À banca examinadora pela disponibilidade de tempo para fazer as devidas correções do trabalho, para que este fosse melhorado.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de cursar a pós-graduação.

À Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, pela concessão da sua fazenda experimental para a realização do experimento.

À CAPES pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio durante o mestrado, bem como a FUNCAP, pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Aos professores Thalles Viana, Albanize Marinho, Marcus Bezerra, Raimundo Nonato, Renato Ribeiro, Fernando Hernandez, Sérgio Horta pelos ensinamentos e pela paciência durante mais essa etapa.

Ao professor Enéas Gomes Filho, por ter permitido a realização das análises bioquímicas no laboratório pelo qual é responsável.

Ao professor Ciro de Miranda Pinto, pela sua amizade e auxílio durante a realização do experimento em campo.

Ao professor Francisco de Assis de Oliveira (Thikão), por todo seu carinho e ensinamentos desde a graduação.

Aos amigos e colegas de pesquisa Rafael Santiago, Moisés Wilkson e Sergiane Beatriz, que dedicaram tempo e paciência para a realização desse trabalho.

Ao Dr. Elton Camelo Marques, que com toda a sua paciência e sabedoria dedicou parte do seu tempo a me auxiliar nas análises bioquímicas desta pesquisa.

Ao professor Nildo Dias, pela disponibilidade e dedicação para a melhoria desse trabalho.

Um agradecimento de todo o coração aos meus amigos, Breno Leonan, Maryjane Diniz, Josivânia Barros, Laíse Ferreira, Krishna Gomes, Fellype Rodrigo, Socorro Peixoto, Victor Jerônimo, Dirceu Ewerton, Patrícia Queiroz, Márcia Mayara, Polycarpo Neto e Gleiciane Silva, por todo o carinho durante todos os dias compartilhados.

Aos amigos do Laboratório de Relação Solo - Água, Leila Neves, Carlos Henrique, Alan, Mailson Alves, Adriana Oliveira e Edineide Barbosa, pelo companheirismo durante o mestrado.

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia Vegetal - LABFIVE, Ian Valença, Cibelle Gadelha, Lyndefânia Melo, Pedro Arruda, Rafael Miranda, Luckas Huriel, Thiago Augusto e Gyedre Araújo, pela colaboração e amizade no período em que estive no Laboratório realizando as análises.

Aos queridos Olga e Francisco do Parque de Desenvolvimento Tecnológico - PADETEC, pelo auxílio na parte da extração dos óleos essenciais.

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

A TODOS VOCÊS, MUITO OBRIGADA!

“A inteligência se alimenta de desafios. Diante de desafios, ela cresce e floresce. Sem desafios, ela murcha e encolhe. As inteligências privilegiadas podem também ficar emburrecidas pela falta de excitação de desafios.” (Rubem Alves)

RESUMO

RIBEIRO, Maria da Saúde de Sousa. Universidade Federal do Ceará. Fevereiro de 2015. **Ecofisiologia e produtividade de alecrim pimenta nas condições edafoclimáticas do Maciço de Baturité, Ceará.** Fortaleza: UFC. 90f. (Dissertação). 2015

Dentre os vegetais que compõem ampla diversidade do Maciço de Baturité se inserem as plantas medicinais, sendo estas, principais componentes da medicina tradicional. No entanto, informações científicas que possam contribuir para o incremento do cultivo dessas plantas ainda são raras, particularmente nas condições edafoclimáticas do Estado do Ceará. Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o desenvolvimento e o potencial produtivo do alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) nas condições edafoclimáticas do Maciço de Baturité, Ceará. Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro durante o período seco de 2013 (agosto a novembro) e o segundo durante o período chuvoso de 2014 (fevereiro a maio). O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizados com parcelas subdivididas, sendo as parcelas definidas pelas duas estações (seca e chuvosa), as subparcelas formadas pelas condições de luminosidade (telado e pleno sol), e as subsubparcelas pelas quatro épocas de avaliação (0, 40, 80 e 120 dias após o transplante). Foram utilizadas cinco repetições, sendo cada repetição representada por um vaso de 20 litros contendo uma planta. Foram avaliadas as seguintes variáveis: área foliar, altura da planta, diâmetro do caule, massa seca dos diferentes órgãos vegetais, trocas gasosas, teores de clorofila, teores de minerais, solutos orgânicos e rendimento do óleo essencial. O alecrim pimenta desenvolveu-se bem na região do Maciço de Baturité, com produtividades de biomassa e de óleo essencial similares às observadas em outros estudos. O cultivo em telado alterou o padrão de desenvolvimento do alecrim pimenta, resultando em plantas com melhor aparência geral, mais altas, com folhas maiores, maior área foliar específica, menor desenvolvimento do sistema radicular e menor relação raiz/parte aérea, independentemente da época de cultivo. A produção de massa seca de folhas e total não diferiu entre os dois ambientes após 120 dias de cultivo, independentemente do período do ano. Houve forte influência do ambiente de cultivo no período seco, sobre a condutância estomática e a transpiração, com os valores sendo menores no ambiente a pleno sol, sugerindo a sensibilidade estomática da espécie às condições atmosféricas do período. As plantas cultivadas em telado apresentaram, de forma geral, maiores teores de nutrientes minerais e de

compostos nitrogenados (N-aminossolúveis), em comparação às plantas submetidas a pleno sol, independente do época de cultivo.

Palavras-chave: Plantas medicinais. Crescimento da planta. Trocas gasosas. Nutrientes minerais. Solutos orgânicos. Óleo essencial.

ABSTRACT

RIBEIRO, Maria da Saúde de Sousa. Universidade Federal do Ceará. Fevereiro de 2015. **Ecophysiology and alecrim pimenta productivity at conditions of Massif Baturité, Ceará.** Fortaleza: UFC. 90f. (Dissertation). 2015

The medicinal plants are included within the wide diversity of the Maciço de Baturité ecosystem and they are an important component of traditional medicine of this region. However, scientific information that may contribute to the increase in the cultivation of these plants are still rare, particularly at conditions of the State of Ceará. The overall objective of this project is to evaluate the development and the production of alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) at conditions of Maciço de Baturité, Ceará. Two experiments were conducted, the first during the dry season of 2013 (August to November) and the second during the rainy season of 2014 (February to May). The experiment was carried out in completely randomized design with split plots, being the plots defined by two seasons (drought and rainy), the subplot formed by light conditions (greenhouse and full sun), and the subsubplots formed by four evaluation times (0, 40, 80 and 120 days after transplanting). Five replications were used, each one represented by a pot of 20 L containing a plant. The following variables were evaluated: leaf area, plant height, stem diameter, dry matter production, leaf gas exchange, chlorophyll content, mineral nutrients, organic solutes, and essential oils. The alecrim pimenta grows well in the Baturité region, with yields of biomass and essential oil similar to those observed in other studies. The cultivation in greenhouse (50% of solar radiation) changed the pattern of development of alecrim pimenta, resulting in plants with better overall appearance, taller, with larger leaves, higher specific leaf area, less developed root system, and lower root/shoot ratio, regardless of the season of cultivation. The production of dry biomass of leaves and total did not differ between the two environments (light conditions) after 120 days cultivation, regardless of the period of year. During the drought season there was a strong influence of the light condition on stomatal conductance and transpiration, with the values being lower in full sun environment, suggesting stomatal sensitivity to climate conditions in this species. Plants grown in greenhouse showed, in general, higher levels of nutrients and nitrogen compounds (N-aminossolúveis), compared to plants under full sunlight, regardless of the cropping season.

Keywords: Medicinal plants. Plant growth. Leaf gas exchange. Mineral nutrients. Carbohydrates. Essential oil.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	08
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE TABELAS	18
1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Aspectos gerais sobre alecrim pimenta.....	22
2.2 Aspectos gerais sobre luminosidade e desenvolvimento de plantas.....	24
2.2.1 <i>Efeito da luminosidade no crescimento e na nutrição mineral das plantas.</i>	24
2.2.2 <i>Efeito da luminosidade nas trocas gasosas e no índice relativo de clorofila (IRC)</i>	25
2.2.3 <i>Efeito da luminosidade nos teores de solutos orgânicos e de óleo essencial</i>	26
2.3 A utilização de biofertilizantes em plantas.....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	29
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	30
3.3 Preparo da área experimental.....	31
3.4 Coleta do solo para análise.....	31
3.5 Obtenção das mudas de alecrim pimenta.....	32
3.6 Condução do experimento.....	33
3.7 Variáveis avaliadas.....	35
3.7.1 <i>Biométricas</i>	35
3.7.2 <i>Trocas gasosas, índice real de clorofila (IRC) e eficiência intrínseca do uso da água (EUA)</i>	36
3.7.3 <i>Nutrição mineral</i>	36
3.7.4 <i>Solutos orgânicos</i>	38
3.7.5 <i>Óleo essencial</i>	39
3.8 Análises estatísticas.....	39

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5	CONCLUSÕES	78
	REFERÊNCIAS	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Área experimental, Casa telada e pleno sol. Maciço de Baturité, Ceará..... 31
Figura 2	Produção das mudas e estufa improvisada para enraizamento, Fortaleza, Ceará..... 32
Figura 3	Montagem inicial do sistema de irrigação “Bubbler” e sistema finalizado, Redenção, Ceará, 2013..... 34
Figura 4	Área foliar de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT)..... 42
Figura 5	Altura de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT)..... 43
Figura 6	Diâmetro do caule de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT)..... 44
Figura 7	Massa seca da raiz de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT)..... 45
Figura 8	Massa seca do caule de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT)..... 46
Figura 9	Massa seca das folhas de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT)..... 47

Figura 10	Massa seca da parte aérea de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	48
Figura 11	Massa seca total de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	49
Figura 12	Massa seca da raiz/massa seca da parte aérea de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	50
Figura 13	Área foliar específica de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	51
Figura 14	Condutância estomática (gs) de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	53
Figura 15	Transpiração (E) de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	55
Figura 16	Fotossíntese (A) de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	56
Figura 17	Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	57
Figura 18	Índice relativo de clorofila (IRC) de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT)	58

Figura 19	Eficiência fotoquímica (FV/FM) de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	59
Figura 20	Teores de nitrogênio em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	62
Figura 21	Teores de fósforo em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	63
Figura 22	Teores de potássio em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	64
Figura 23	Teores de cálcio em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	65
Figura 24	Teores de magnésio em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	66
Figura 25	Teores de sódio em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	67
Figura 26	Teores de ferro em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	68
Figura 27	Teores de cobre em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	69

Figura 28	Teores de zinco em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	70
Figura 29	Teores de manganês em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	71
Figura 30	Teores de cloreto em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	72
Figura 31	Teores de carboidratos solúveis em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	74
Figura 32	Teores de N-aminossolúveis em folhas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	75

LISTA DE TABELAS

		Pág.
Tabela 1	Média mensal pluviométrica registrada para a macrorregião do Maciço de Baturité, no município de Redenção – CE.....	29
Tabela 2	Valores médios de temperatura máxima (T. Máx.), mínima (T. Mín.) e média (T. Méd.), umidade relativa do ar máxima (UR. Máx.), mínima (UR. Mín.) e média (UR. Méd.) e luminosidade máxima (Lum. Máx.), mínima (Lum. Mín.) e média (Lum. Méd.), durante o período experimental.....	30
Tabela 3	Atributos químicos do solo, na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, da área experimental.....	32
Tabela 4	Composição química dos biofertilizantes quanto aos teores de macro e micronutrientes, aplicados em plantas de alecrim pimenta em duas condições de luminosidade e épocas diferentes de avaliação.....	34
Tabela 5	Valores sumarizados da análise de variância para área foliar, altura, diâmetro do caule (DC), massas secas da raiz (MSR), do caule (MSC), das folhas (MSF), total (MST) e razão MSR/MSF, em plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a duas estações (seca e chuvosa), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	41
Tabela 6	Valores sumarizados da análise de variância para condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), taxa de fotossíntese líquida (A), índice relativo de clorofila (IRC) e eficiência do uso da água (EUA), em plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a duas estações (seca e chuvosa), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	52
Tabela 7	Valores sumarizados da análise de variância para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e cloretos (Cl), em plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a duas estações (seca e chuvosa), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	61

Tabela 8	Valores sumarizados da análise de variância para solutos orgânicos: carboidratos solúveis e N-aminossolúveis, em plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a duas estações (seca e chuvosa), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT).....	73
Tabela 9	Rendimento do óleo essencial de plantas de alecrim pimenta (<i>Lippia origanoides</i>) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso) e duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol).....	76

1. INTRODUÇÃO

O uso de medicamentos à base de espécies vegetais é uma prática que acompanha o ser humano desde os primórdios da civilização, sendo fundamentada no acúmulo de informações repassadas por sucessivas gerações. No Brasil, o uso das plantas medicinais foi disseminado pela cultura indígena associada com as tradições dos colonizadores europeus e, mais tarde, pelo ingresso dos africanos (FREIRE, 2004; BRASIL, 2006). Tal prática tem evoluído ao longo dos tempos, assumindo importante papel no tratamento de diversas doenças, de forma que, nas últimas décadas, o potencial medicinal de espécies vegetais vem sendo investigado no meio científico, buscando fundamentos para explicar as crenças populares de cura baseada em produtos vegetais (FREIRE, 2004).

Considerada uma das sete espécies prioritárias da caatinga para conservação e manejo, *Lippia organoides*, popularmente conhecida como alecrim-pimenta, é uma planta medicinal da família Verbenacea, de porte ereto, com até três metros de altura, possuindo folhas aromáticas e picantes. Essa planta medicinal possui grande potencial de uso pela indústria farmacêutica, sendo utilizada para tratamentos de atividade antibacteriana e antifúngica (OLIVEIRA et al., 2007), devido à presença de óleo essencial rico em timol e carvacrol (LORENZI; MATOS, 2008). Além dessas propriedades, foram isolados e identificados no extrato da raiz dessa espécie, dois compostos com ação citotóxica contra células cancerígenas (SANTOS et al., 2003).

Estudos com espécies medicinais têm evidenciado mudanças fisiológicas e anatômicas em função de estresses, principalmente o luminoso. Segundo Paez et al (2000), a radiação luminosa é essencial para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, e está diretamente ligada à fotossíntese e a diversos processos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos. Em geral, plantas cultivadas em ambientes com pouca luz apresentam uma redução significativa em biomassa, com alterações na alocação para diferentes órgãos (CLAUSSEN, 1996; SILVA et al., 2006), além de reduções no teor de óleo essencial e alterações na composição química (CHANG et al., 2008). Nas condições climáticas do semiárido brasileiro, o aquecimento natural e demasiado pode causar problemas no cultivo das plantas. Os maiores problemas são as altas temperaturas e para sanar esse problema tem-se utilizado malhas de sombreamento para

atenuar a densidade de fluxo de radiação solar, possibilitando o cultivo, principalmente de espécies olerícolas e medicinais, em épocas com alta disponibilidade energética.

A menor intensidade luminosa pode afetar as trocas gasosas (ZAVALA; RAVETTA, 2001; WEI et al., 2005; GREGORIOU et al., 2007) e o teor de clorofila (ZHAN et al., 2002; HUANG et al., 2004; WEI et al., 2005; GREGORIOU et al., 2007), além de reduzir o tamanho dos estômatos (WILSON; COOPER, 1969; HUANG et al., 2004; GREGORIOU et al., 2007). O acúmulo de biomassa, a taxa de assimilação de CO₂ e o teor de carboidratos foram reduzidos quando plantas de *Grindelia chiloensis* foram submetidas à baixa luminosidade (ZAVALA; RAVETTA, 2001). Gregoriou et al. (2007) observaram que folhas sombreadas tinham aumentado a área foliar e teor de clorofila, mas encontraram redução da densidade estomática em *Olea europaea*.

Além da radiação luminosa, as diferentes estações do ano, seca e chuvosa, também podem acarretar diversas modificações no ambiente das plantas, influenciando o manejo e a produtividade final. Por exemplo, comparando-se as estações seca e chuvosa, no Estado do Ceará, verifica-se grande variabilidade temporal, com mudanças significativas nas variáveis meteorológicas, principalmente insolação, umidade do ar e precipitação. Essas alterações nos elementos meteorológicos podem contribuir para modificar o padrão de desenvolvimento vegetativo, fisiológico e reprodutivo das plantas (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005; LACERDA et al., 2010). Um exemplo disso, foi observado por Almeida et al. (2012), que verificaram um maior rendimento de teor de óleo essencial de 42 clones-elite de *Lippia alba* em plantas colhidas no período seco, e maior teor de linalol obtido de plantas colhidas no período chuvoso.

Em virtude do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o desenvolvimento e o potencial produtivo do alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) nas condições edafoclimáticas do Maciço de Baturité, Ceará.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais sobre alecrim pimenta

Produtos naturais e ervas da medicina popular têm sido usados há séculos por várias culturas em todo o mundo. Entre as plantas medicinais, destaca-se o alecrim pimenta (*Lippia origanoides* Kunth), planta pertencente à família Verbenaceae, aromática, nativa da América Central e norte da América do Sul (VICUÑA et al., 2010). Essa planta é utilizada para tratar dor de estômago, flatulência, asma, indigestões e tuberculose, além de ser agente antiespasmódico e ter efeito expectorante em infecções pulmonares e brônquicas (GARCÍA-BARRIAGA, 1992; STASHENKO et al., 2010; TELES et al., 2014). No que diz respeito ao efeito da luminosidade no metabolismo de plantas medicinais, pouco se sabe sobre a adaptabilidade desses vegetais a essas condições.

Segundo Govaerts e Atkins (2014) a espécie *Lippia origanoides* Kunth (1818) tem como sinônimos *Lippia berteroi* Spreng, *Lippia microphylla* Benth, *Lippia schomburgkiana* Schauer e *Lippia origanoides* var. *sampaionis* Herter. Popularmente chamada de alecrim-de-tabuleiro, essa espécie medicinal nativa do semiárido do nordeste do Brasil apresenta grande potencial de uso pela indústria farmacêutica. É um arbusto produtor de óleo essencial com ação antimicrobiana contra bactérias e leveduras causadoras de diversas doenças nos seres humanos (OLIVEIRA et al., 2007), antiprotozoários e citotóxica contra células cancerígenas (ESCOBAR et al., 2010). Além do óleo essencial foram isolados e identificados no extrato da raiz dessa espécie dois compostos com ação citotóxica contra células cancerígenas (SANTOS et al., 2003).

O gênero *Lippia* tem um grande número de espécies medicinais, tais como *L. origanoides* Kunth, *L. alnifolia* Schauer, e *L. thymoides* Martius e Schauer, que são frequentemente usadas na medicina popular para o tratamento de doenças microbianas (PASCUAL et al., 2001). No Brasil, *L. origanoides* é popularmente conhecido como "alecrim pimenta, salva-de-Marajó e alecrim d'Angola". As infusões de folhas são usadas como antissépticas geral para a boca, garganta e feridas, para o tratamento de cólicas de bebê, diarreia, indigestão, flatulência, azia, náuseas, corrimentos vaginais, cólicas menstruais e febre (PASCUAL et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2007).

O uso medicinal dessa espécie tem sido atribuído ao seu óleo essencial, encontrado em folhas e inflorescências, que apresenta elevada ação antimicrobiana contra fungos e bactérias patogênicos (OLIVEIRA et al., 2007). O óleo essencial corresponde de 1,0% (OLIVEIRA et al., 2007) a 4,6% (CAVALCANTE et al., 2009) da massa seca da parte aérea deste arbusto, tendo como compostos majoritários carvacrol, timol, α -terpineno, γ -terpineno e linalool (OLIVEIRA et al., 2007; ESCOBAR et al., 2010).

Extratos e óleos essenciais obtidos de *Lippia* spp. têm sido amplamente testados cientificamente, devido ao potencial dos princípios bioativos. Na medicina popular, espécies dessas plantas têm sido usadas no tratamento de resfriados, bronquite e tosse (GOMES et al., 2011), e como relaxante muscular. Estudos em diversas áreas do conhecimento vêm confirmando tais atividades terapêuticas propaladas na medicina popular. Por exemplo, foi demonstrada atividade antibacteriana em gengivite e placa dentária com uso de óleo essencial de *Lippia sidoides* (LOBO et al., 2011; PEREIRA et al., 2013), bem como atividade antifúngica obtida também do seu extrato etanólico contra cepas resistentes de *Candida* spp., quando isoladas de secreções vaginais de mulheres (FARIAS et al., 2012).

Os óleos essenciais pertencem ao metabolismo secundário das plantas constituindo um dos mais importantes grupos de matéria-prima para a indústria alimentícia, farmacêutica, perfumaria e afins. São misturas complexas de substâncias voláteis e lipofílicas, com baixo peso molecular, geralmente odoríferas e líquidas, constituídas, em sua maioria, por moléculas de natureza terpênica (MORAIS, 2009) e de outras propriedades químicas (GOMES et al., 2011). Consequentemente, podem ser obtidos diferentes constituintes químicos de óleos essenciais extraídos de diferentes espécies do gênero *Lippia* (SILVA et al., 2006; NOGUEIRA et al., 2007; ESCOBAR et al., 2010; HATANO et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2012; PANDELÓ et al., 2012).

2.2 Aspectos gerais sobre luminosidade e desenvolvimento de plantas

2.2.1 Efeito da luminosidade no crescimento e na nutrição mineral das plantas

A intensidade de radiação luminosa atua no crescimento e desenvolvimento vegetal, pois está relacionada diretamente aos processos fisiológicos, bioquímicos, morfológicos e histológicos (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2013). A aclimação das plantas em determinado ambiente depende de alterações complexas entre as características morfológicas, anatômicas e fisiológicas, a fim de maximizar o ganho de carbono (CLAUSSEN, 1996; GIVNISH, 1988; VALLADARES, NIINEMETS; 2008). Diversas variáveis de crescimento podem ser alteradas de acordo com a intensidade de radiação luminosa disponível, dentre elas, destacam-se: i) alocação de biomassa seca na raiz, caule, folha e inflorescência, ii) área foliar, iii) biomassa seca total, iv) razão raiz: parte aérea (SOUZA et al., 2004; MIYAZAWA et al., 2006; MIRRALLES et al., 2011). Além disso, verificam-se alterações na taxa de crescimento relativo, na taxa assimilatória líquida e na massa foliar específica (SANCHES et al., 2009; LIMA et al., 2010). A intensidade de radiação luminosa influencia a produção de biomassa seca da planta e, dessa forma, exerce um papel importante no crescimento vegetal.

Comumente, as folhas sob baixa irradiância, em contraste com aquelas em pleno sol, são mais largas e mais finas possuindo maior concentração de clorofila por centro de reação e uma alta proporção de clorofila *b* em relação à clorofila *a* (RAVEN et al., 2001; ZHANG et al., 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013). Lima et al. (2011) verificaram que a deficiência de luz influenciou o crescimento e a produção de pigmentos fotossintéticos em plantas de *A. millefolium*, causando uma redução significativa na massa seca da parte aérea e aumento nos teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides.

Nas condições tropicais, existe normalmente, um excesso de energia luminosa em relação à necessidade para a saturação do processo fotossintético. Esse excesso de radiação, principalmente quando ocorre associado a outros fatores de estresse (déficit hídrico, por exemplo), pode acarretar danos fotoquímicos e limitar a produtividade vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013). Uma das saídas para reduzir esse problema são os cultivos parcialmente sombreados ou em ambientes protegidos. Essas

mudanças na intensidade de radiação podem, no entanto, promover diversas alterações morfo-fisiológicas, principalmente nas folhas (LARCHER, 2004).

Segundo CLARK (1981), a luz não atua diretamente na absorção de elementos minerais pelas plantas, porém afeta processos biológicos passíveis de alterar a sua composição mineral, como a fotossíntese, transpiração e respiração, entre outros.

A luz fornece energia para a absorção e metabolização dos nutrientes minerais (SMITH, 1968; RAVEN, 1969); sem energia tais processos não ocorrem, uma vez que a maioria das células vegetais acumula íons contra um gradiente de concentração (CLARK, 1981). A absorção da maioria dos nutrientes minerais é adequada e relativamente constante, quando há suficiente provisão de energia, porém, sob déficit energético, a absorção ativa de íons é reduzida (SUTCLIFFE, 1962, citado por CLARK, 1981).

2.2.2 Efeito da luminosidade nas trocas gasosas e no índice relativo de clorofila (IRC)

Segundo Lenhard et al. (2013), a luz está diretamente ligada à fotossíntese e sua intensidade e quantidade podem alterar o metabolismo e crescimento das plantas (MARCOS FILHO, 2005). O atraso, em relação à emergência das plântulas, eleva o custo da produção de mudas. Estudos têm comprovado a capacidade das espécies vegetais a se adaptar a diferentes condições de luminosidade, evidenciando que os diferentes níveis de radiação influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, alterando características como comprimento do caule e pecíolo, área foliar, matéria seca, partição de biomassa, número de perfilhamento e ramificações, conteúdo de nitrogênio e também os teores de pigmentos foliares como clorofilas *a*, *b*, totais e conteúdo de carotenóides (ZANELLA et al. 2006, MARTUSCELLO et al. 2009).

A dependência da luz nos processos fisiológicos das plantas reflete-se na sua manutenção homeostática. Em função disso, a maioria das plantas desenvolve capacidade para se aclimatar às variações de temperatura e luminosidade (SEARLE et al., 2011), regulando a condutância estomática (AASAMAA; SÖBER, 2011) e ajustando o aparato fotossintético para absorção adequada, transferência e utilização da energia eletromagnética disponível (GONÇALVES et al., 2010).

2.2.3 Efeito da luminosidade nos teores de solutos orgânicos e de óleo essencial

Os óleos essenciais pertencem ao metabolismo secundário das plantas e constituem um dos mais importantes grupos de matéria-prima para a indústria alimentícia, farmacêutica, perfumaria e afins. São misturas complexas de substâncias voláteis e lipofílicas, com baixo peso molecular, geralmente odoríferas e líquidas, constituídas, em sua maioria, por moléculas de natureza terpênica (MORAIS, 2009) e de outras propriedades químicas (GOMES et al., 2011). Conseqüentemente podem ser obtidos diferentes constituintes químicos de óleos essenciais extraídos de diferentes espécies do gênero *Lippia* (SILVA et al., 2006; NOGUEIRA et al., 2007; ESCOBAR et al., 2010; HATANO et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2012; PANDELÓ et al., 2012). As análises químicas dos extratos dessas plantas são fundamentais, pois as concentrações desses constituintes podem variar consideravelmente em uma mesma espécie (FARIAS-JUNIOR et al., 2012; MORAIS et al., 2012), devido a diversos fatores.

Óleos essenciais de plantas possuem atividade antimicrobiana contra um grande número de bactérias, incluindo estirpes resistentes a antibióticos e antifúngicos (BERTINI et al., 2005). Souza et al. (2007), afirmam que plantas de *Lippia origanoides* possuem até 4% de teor de óleo essencial, especialmente dois terpenóides fenólicos, com forte atividade antimicrobiana. O óleo presente nas folhas tem cerca de 60% de timol ou uma mistura de carvacrol e timol. Além disso, o teor de óleo pode variar de acordo com o tempo da colheita, a localização, a temperatura e outros fatores ambientais (CASTRO et al., 2011)

Quanto ao cultivo, o teor e a composição do óleo essencial das plantas aromáticas dependem de diferentes fatores. As condições do solo, clima, origem geográfica, a época de colheita, os fertilizantes e a nutrição mineral podem afetar consideravelmente a produção e a qualidade do óleo essencial (SALES et al., 2009). Experimentos sobre condições bem controladas têm demonstrado que variações no ambiente (temperatura, irradiação e fotoperíodo) podem influenciar positivamente ou negativamente no rendimento da biomassa e na qualidade do óleo essencial em plantas aromáticas (BRANT et al., 2009; LUZ et al., 2014). As variações na composição do óleo

essencial e as características morfológicas têm sido observadas em diversos aspectos, como na parte da planta empregada na destilação, seu estado de desenvolvimento, sua posição geográfica, características do solo, clima e outras condições locais da origem geográfica do material (TAVARES et al., 2005; REIS et al., 2010).

Em plantas tropicais é comum o auto-sombreamento ocorrente em plantas adultas, onde é pronunciada a redução nos teores de carboidratos em folhas de sombra, como consequência da diminuição nas taxas fotossintéticas (JANZEN, 1980)

2.3 A utilização de biofertilizantes em plantas

A utilização de resíduos na atividade agrícola é interessante do ponto de vista econômico, por proporcionar aumento de produtividade das plantas e reduzir o custo com fertilizantes, além da deposição segura desses materiais no ambiente (FIGUEIREDO; TANAMATI, 2010). Essa prática é útil, de baixo custo e proporciona redução do custo de produção, além de melhorar a qualidade de vida, em especial por reduzir a poluição ambiental causada pelo lançamento dos dejetos nos cursos d'água (SEDIYAMA et al, 2014). Segundo Bernardo e Bettiol (2010), a comunidade microbiana encontrada em biofertilizantes é variável e depende do processo (aeróbio ou anaeróbio) e do substrato utilizado na sua produção. Nos biofertilizantes são encontrados principalmente bactérias, tais como *Bacillus* e *Pseudomonas*, que são organismos estudados para o controle biológico de diversas doenças de plantas.

O uso de biofertilizantes proporciona melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, quando aplicados sobre as folhas, podem contribuir para o suprimento equilibrado de macro e micronutrientes (MEDEIROS et al., 2007; ALVES et al., 2009; RODRIGUES et al., 2009; PATIL, 2010), permitindo que o vegetal desenvolva todo o seu potencial genético e produtivo. Segundo Cavalcante et al (2010), além dos efeitos promovidos na estruturação física do solo, o esterco bovino líquido aplicado na superfície do substrato forma uma camada de impedimento às perdas elevadas de água por evaporação, o que possibilita às células vegetais

permanecerem túrgidas por mais tempo em relação às plantas que não receberam o insumo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Foram conduzidos dois experimentos, o primeiro, durante a estação seca de 2013 (agosto a novembro) e o segundo, durante a estação chuvosa de 2014 (fevereiro a maio), em uma área da fazenda experimental da Universidade Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada no Sítio Piroás, município de Redenção, no Maciço de Baturité, a uma latitude de 04°14'53"S, longitude de 38°45'10"W e altitude média variando de 240 a 340 m. De acordo com Köppen (1923), o clima do local é classificado como Aw', ou seja, tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e outono. Os dados de precipitação durante o período experimental estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Média mensal da pluviometria registrada para a macrorregião do Maciço de Baturité, no município de Redenção – CE.

PERÍODO SECO (2013)			
	Normal (mm)	Observada (mm)	Desvio (%)
AGOSTO	12,9	1,5	-88,6
SETEMBRO	4,6	1,0	-77,7
OUTUBRO	3,8	3,3	-12,7
NOVEMBRO	5,2	13,6	164,1
PERÍODO CHUVOSO (2014)			
FEVEREIRO	166,4	123,5	-25,8
MARÇO	251,8	346,1	37,5
ABRIL	261,4	219,6	-16,0
MAIO	168,0	109,6	-34,8

FUNCEME 2014

Os dados de temperatura, umidade e luminosidade nas duas condições foram determinados com o auxílio de dataloggers (HOBO U12 Temperature/Relative Humidity/Light/External, Modelo: U12-012), dispostos um dentro da casa telada e outro no ambiente a pleno sol, sendo os dados armazenados a cada seis horas. Ao fim de cada avaliação, esses dados foram descarregados para que se calculassem os valores

máximos, mínimos e médios das variáveis citadas acima, e podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de temperatura máxima (T. Máx.), mínima (T. Mín.) e média (T. Méd.), umidade relativa do ar máxima (UR. Máx.), mínima (UR. Mín.) e média (UR. Méd.) e luminosidade máxima (Lum. Máx.), mínima (Lum. Mín.) e média (Lum. Méd.), durante o período experimental no Maciço de Baturité, CE. 2014

	Período Seco		Período Chuvoso	
	Telado	Pleno Sol	Telado	Pleno sol
T. Máx. (°C)	36,56	39,54	34,0	37,8
T. Mín. (°C)	23,67	23,71	21,1	20,7
T. Méd. (°C)	30,11	31,62	27,55	29,2
UR. Máx. (%)	94,50	91,46	98,44	99,04
UR. Mín. (%)	25,55	20,04	40,45	49,49
UR. Méd. (%)	60,02	55,75	69,44	74,26
Lum. Max. (Lux)	11.372,3	32.201,2	5.364,9	24.427,8
Lum. Mín. (Lux)	11,8	11,8	11,8	11,8
Lum. Méd. (Lux)	5.692,0	16.106,5	2.688,3	12.219,8

3. 2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, sendo as parcelas definidas pelas duas estações (seca e chuvosa), as subparcelas formadas pelas condições de luminosidade (Telado a 50% - TEL50 e pleno sol - PLSOL), e as subsubparcelas, pelas quatro épocas de avaliação (0, 40, 80 e 120 dias após o transplântio - DAT). Foram utilizadas cinco repetições, sendo cada repetição representada por uma planta cultivada em um vaso de 20 litros contendo o solo da região.

3.3 Preparo da área experimental

Para preparar a área experimental, demarcou-se a área com auxílio de uma trena e foi realizada limpeza manual. Em seguida, montou-se uma casa telada de 60 m². Neste local as mudas ficaram por 10 dias para aclimatação. A área total do experimento, contabilizando a área telada e em pleno sol foi de 120 m² (Figura 1).

Figura 1. Área experimental, Casa telada (A) e pleno sol (B). Maciço de Baturité, Ceará, 2013.



3.4 Coleta do solo para análise

Antes de iniciar o experimento, demarcou-se uma área onde foi feita uma coleta de solo através de cinco amostras simples, retiradas entre as camadas de 0,0 a 0,20 m, as quais foram homogeneizadas para formação de uma amostra composta, e em seguida enviada ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, da Universidade Federal do Ceará para determinação dos principais atributos químicos, cujos resultados podem ser observados na Tabela 3. Esse solo foi utilizado para preencher os vasos de 20 L, onde posteriormente as mudas foram colocadas.

Tabela 3. Atributos químicos do solo, na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, da área experimental

	N	Ca	Mg	Na	K	H+Al	Al	S	Fe	Cu	Zn	Mn
	(g kg ⁻¹)	(Cmolc kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)				
Época Seca	0,90	3,40	1,40	0,10	0,32	1,98	0,10	5,2	6,7	0,6	2,1	9,7
Época Chuvosa	0,71	4,50	1,70	1,60	0,21	0,17	0,00	8,0	11,2	0,6	2,4	20,4

3. 5 Obtenção das mudas de alecrim pimenta

As mudas de alecrim pimenta (*Lippia organoides*) foram produzidas por estaquia no Horto de Plantas Medicinais Professor Francisco José de Abreu Matos, da Universidade Federal do Ceará (UFC), utilizando-se ramos herbáceos com aproximadamente 15 cm de comprimento, tendo como substrato para o enraizamento uma mistura de areia e esterco bovino (2:1) (Figura 2). As estacas foram dispostas em copos plásticos descartáveis e armazenadas em uma estufa improvisada, feita de uma armação de ferro e coberta com plástico a fim de criar um microclima que propiciasse um melhor enraizamento.

Figura 2. Produção das mudas (A) e estufa improvisada para enraizamento (B), Fortaleza, Ceará, 2013.

A



B



Vinte dias após o plantio, as mudas foram transplantadas para sacos plásticos pretos de polietileno contendo substrato composto de esterco e areia em uma proporção de 3:1. Posteriormente, as mudas foram transferidas para vasos plásticos pretos com capacidade para 20 L, contendo solo predominante da Região do Maciço de Baturité (Tabela 3). Após o transplante, as mudas permaneceram durante 10 dias em telado com 50% de luminosidade, a fim de se restabelecerem do estresse sofrido no transplante e passassem a emitir novas raízes e folhas. Logo após esse período, metade das mudas (60) foram levadas para fora do telado, onde ficaram submetidas a pleno sol, enquanto que o restante delas (60) ficou dentro da casa telada.

3. 6 Condução do experimento

No período seco a irrigação foi realizada a cada dois dias, mantendo-se o solo na capacidade de campo, que era verificado quando se começava a observar presença de gotas de água ao fundo dos vasos. Já no período chuvoso a irrigação foi realizada apenas de forma suplementar, quando não se observou precipitações no local. A aplicação da água foi realizada com o uso do sistema de irrigação “Bubbler”, o qual é recomendado para a agricultura familiar por ser de baixo custo de instalação além de não ser necessário uso de energia, visto que a água desce por gravidade (Figura 3). O mesmo consiste de uma linha principal conectada à fonte de água (caixa d’água, pequenos reservatórios, canal etc.), uma coluna com manômetro – onde se controla a carga hidráulica, linha de derivação, linha lateral e as mangueiras emissoras, que estão conectadas a esta última (REYNOLDS, 1993; REYNOLDS et al., 1995 e DIDAN et al., 1995). A água é conduzida da fonte até as plantas, por meio de tubos, eliminando as perdas por condução e minimizando as perdas por percolação, uma vez que se aplica a água somente em parte da área e sob a copa das plantas, em micro bacias. Outra redução das perdas d’água ocorre em função da não existência de dispositivo na extremidade dos microtubos para dissipação da água e pressão, o que contribuiria para o processo de evaporação (ANDRADE et al., 2002).

Figura 3. Montagem inicial do sistema de irrigação “Bubbler” (A) e sistema finalizado (B), Redenção, Ceará, 2013.

A



B



Com a finalidade de corrigir sintomas de deficiência nutricional, foram realizadas três aplicações de biofertilizante líquido bovino aos 0, 40 e 80 DAT. O biofertilizante foi preparado por meio da fermentação anaeróbica, contendo esterco bovino fresco e água na proporção de 50% em base de volume por um período de trinta a sessenta dias, em recipiente plástico, na ausência de ar, conforme Pentead (2007). O biofertilizante líquido foi diluído numa proporção de 1:10, sendo aplicado cerca de 500 mL por vaso após cada avaliação, exceto a última, visto que todas as plantas já tinham sido levadas para análise de biomassa seca, totalizando assim, três aplicações por época de experimento. A composição química do biofertilizante encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Composição química dos biofertilizantes quanto aos teores de macro e micronutrientes, aplicados em plantas de alecrim pimenta em duas condições de luminosidade e épocas diferentes de avaliação. Fortaleza, CE, 2014.

Meses	Época Seca								
	(g kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Ago/2013	2,5	0,5	1,6	1,5	0,8	251,5	5,1	36,3	16,2
Set/2013	1,8	0,6	1,5	1,4	0,6	129,0	2,9	33,9	18,4
Out/2013	2,1	0,3	0,8	1,3	0,7	159,5	5,9	20,6	93,3

Meses	Época Chuvosa								
	(g kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Fev/2014	1,6	0,3	2,5	1,6	0,5	105,3	0,4	27,9	19,8
Mar/2014	2,0	0,3	2,3	1,8	0,6	120,4	0,8	19,3	25,0
Abr/2014	2,2	0,5	1,8	3,5	1,4	183,3	1,2	6,5	36,1

3. 7 Variáveis avaliadas

3. 7. 1 Biométricas

Aos 0, 40, 80 e 120 DAT foram realizadas medições de altura das plantas e do diâmetro do caule, utilizando-se uma régua graduada e um paquímetro digital, respectivamente. Após essas medições, as plantas foram coletadas e a parte aérea fracionada em folhas e hastes. Em seguida, determinou-se a área foliar (AF), por meio de um medidor de superfície (LI – 3100, Area Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA). Para determinação da massa seca do caule (MSC) e da folha (MSF), os órgãos vegetais separados foram colocados em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C até atingir massa constante. Os dados foram expressos em gramas.

Após a coleta da parte aérea das plantas, o substrato de cultivo dos vasos foi coletado, sendo o seu conteúdo (solo + raízes) peneirado, a fim de se separar as raízes do solo. Para a determinação da massa seca das raízes (MSR), estas foram lavadas, identificadas, e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C até massa constante. De posse dos dados, foi determinada a relação massa seca das raízes/massa seca parte aérea (MSR/MSPA) assim como a massa seca total (MST). A área foliar específica (AFE) foi determinada pela relação entre a área foliar de cada planta e a massa seca de suas folhas, expressa em cm² g⁻¹.

3. 7. 2 Trocas gasosas, índice relativo de clorofila (IRC), eficiência intrínseca do uso da água(A/E) e eficiência fotoquímica (FV/FM)

Aos 0, 40, 80 e 120 DAT, foram realizadas medições da condutância estomática (gs), da taxa de transpiração (E) e da taxa fotossintética (A) em folhas completamente expandidas, no horário entre 8:00 e 12:00 horas, utilizando-se um IRGA (LCpro, ADC, Hoddesdon, UK), sob condições de temperatura, concentração de CO₂ e intensidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) de cada ambiente. Os valores médios de PAR (obtidos durante as quatro medições) para ambiente telado e pleno sol foram 563 e 1350 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para o período seco e 335 e 696 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para o período chuvoso, respectivamente. Por ocasião das medições das trocas gasosas, também foi estimado o IRC, utilizando-se o medidor portátil SPAD 502 (Minolta). A partir dos dados obtidos, foi estimada a eficiência intrínseca do uso da água (A/E).

Para determinação da eficiência do aparelho fotossintético das plantas, verificou-se a fluorescência da clorofila *in vivo* na superfície superior das folhas, utilizando-se um fluorímetro portátil (PEA, marca HANDSATECH, Lynn King, Reino Unido). Para o monitoramento da emissão de fluorescência, foi aplicado um pulso de intensidade luminosa de 1500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, com pico de emissão a 650 nm, por 5 s. Para a estimativa da eficiência fotoquímica potencial (Fv/Fm), utilizou-se os dados da fluorescência variável (Fv) e da fluorescência máxima (Fm), sendo escolhida a segunda folha expandida como padrão, onde foi adaptada ao escuro com *leafclip* por no mínimo 30 minutos antes do início das leituras conforme Durães et al. (2000).

3. 7. 3 Nutrição mineral

Para avaliar o estado nutricional das plantas, foram utilizadas amostras de folhas maduras secas em estufa. As folhas foram trituradas em moinho tipo Willey. O extrato foi preparado pesando-se aproximadamente 0,5 g do material seco e triturado, adicionando-se 6 mL da solução nitroperclórica (ácido nítrico + ácido perclórico na proporção 2:1), os quais foram colocados em tubos de digestão e em seguida agitados. Esses extratos foram deixados de um dia para o outro em repouso para uma pré-digestão. No dia seguinte, os tubos foram aquecidos inicialmente a 50 °C, buscando estabilidade, e aumentando a temperatura gradualmente (100, 160 e 210 °C) por um

período de 2 horas. Quando a temperatura estabilizou em 160 °C, a amostra foi reduzida pela metade do volume inicial, aumentando-se a temperatura para 210 °C, em que as amostras permaneceram até adquirirem uma coloração translúcida. Após o resfriamento, as amostras foram diluídas em água desionizada e aferidas em um balão volumétrico de 50 mL sendo filtradas e posteriormente utilizadas para a determinação do Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn e Mn conforme a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira, (1989).

Para determinação do nitrogênio total nas folhas de alecrim pimenta, foram pesados 0,5 g do material seco e triturado e colocados em tubos de digestão. Foram adicionados a esses 1,1g da mistura catalisadora e 2 mL de ácido sulfúrico concentrado com o auxílio de uma bureta. Colocou-se os tubos em um bloco digestor e elevou-se gradualmente a temperatura, iniciando-se com 50 °C e chegando a temperatura máxima de 350 °C. Nessa ocasião, as amostras se apresentaram com uma coloração verde e sem resíduos do material digerido. Aferiu-se o volume para 25 mL com o auxílio de um balão volumétrico. Após a aferição, retirou-se 1 mL da amostra digerida e adicionou-se 5,5 mL da solução de fosfato de sódio dibásico a 0,1M, tartarato de sódio e potássio a 5% e hidróxido de sódio a 5,4%, em seguida, 4 mL da solução de salicilato de sódio a 15% e nitroprussiato de sódio a 0,03% em água deionizada e por fim, adicionou-se 2 mL da solução de hipoclorito de sódio a 0,31%. Agitou-se vigorosamente os tubos de ensaio e transferiu-se para banho-maria a 37 °C por 15 minutos. Após o procedimento, determinou-se o teor de N conforme a metodologia sugerida por Baethgen e Alley, (1989).

Os teores de cloretos foliares foram determinados pelo método de GAINES, PARKER e GASCHO (1984). Pesou-se 0,1 g do material triturado e seco em estufa em tubos de ensaio, e a esses foram adicionados 5 mL de água deionizada. As amostras foram levadas a banho maria por 1 hora a 45 °C, sendo agitadas a cada 15 min. Logo após, as amostras foram centrifugadas a 3000 x g, por 15 min, sendo o sobrenadante coletado e filtrado em papel de filtro. Retirou-se do extrato bruto 3 mL, convenientemente diluído a 15 x, e 0,5 mL da mistura de $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ a 13,2 mM, em metanol absoluto, e $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ a 20,2%, em água deionizada, na proporção de 4:1. Em seguida os tubos de ensaio foram agitados e deixados em repouso por 15 minutos. A leitura foi feita em espectrofotômetro à um comprimento de onda de 460 nm.

3. 7. 4 Solutos orgânicos

Para as determinações de carboidratos solúveis e N-aminossolúveis, as folhas coletadas aos 0, 40, 80 e 120 DAT foram secas em estufas e trituradas em moinho tipo Willey e armazenadas em frascos de vidro hermeticamente fechados. Os extratos para a determinação dos solutos orgânicos foram obtidos de acordo com o método de Cataldo et al. (1975), com pequenas modificações. Em tubos de ensaio, foram adicionados 5 mL de água desionizada a 100 mg do tecido liofilizado de folhas. As amostras foram agitadas vigorosamente e incubadas por 1 hora em banho maria a 45 °C, sendo os tubos agitados a cada 15 min. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 3000 x g , por 15 min, sendo o sobrenadante (extrato) coletado, filtrado em papel de filtro e armazenado em frescos de vidro a 4 °C.

Os carboidratos solúveis foram determinados de acordo com Dubois et al. (1956). A mistura de reação foi constituída por 0,125 mL do extrato convenientemente diluído, 0,125 mL de fenol a 5% e 0,625 mL de ácido sulfúrico concentrado. Foi utilizado como branco a mistura formada por 0,125 mL de água destilada em substituição ao extrato, acrescida dos demais reagentes empregados na reação. A mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso à temperatura ambiente por 20 min, para o seu resfriamento. Em seguida, procedeu-se à quantificação dos carboidratos solúveis por medidas de absorbância em 490 nm, utilizando-se como padrão uma curva feita com a D(+) glicose anidra.

Os teores de N-aminossolúveis foram determinados pelo método de Yemm e Cocking (1955), o qual tem como base a reação dos grupos aminos livres com a ninhidrina. Em tubos de ensaio com tampas rosqueadas, foram adicionados 0,5 mL do extrato convenientemente diluído, 0,25 mL do tampão citrato de sódio a 0,2 M (pH 5,0), 0,5 mL de KCN a 0,2 mM, preparado em metilcelosolve a 100%, e 0,1 mL de ninhidrina a 5%, também preparada em metilcelosolve a 100%. Após agitação, os tubos foram deixados em banho-maria a 100 °C, por 15 min. Em seguida, a reação foi interrompida por meio de resfriamento dos tubos em banho de gelo e adicionou-se 0,65 mL de etanol a 60%. O branco constituiu-se da mistura formada por 0,5 mL de água desionizada acrescidas dos demais constituintes da reação. Os teores de N-aminossolúveis foram quantificados por medidas de absorbância em 570 nm, usando-se como padrão uma curva feita com L-glicina.

3. 7. 5 Óleo essencial

O óleo essencial foi obtido por hidrodestilação da borra do café à temperatura ambiente e ao abrigo da luz, em aparelho tipo *Clevenger* modificado. Para tanto, foram utilizados 130 g do material, acondicionados em balões de vidro de 2000 mL, juntamente com 1500 mL de água destilada, sobre manta aquecedora e acoplada a aparelho do tipo *Clevenger* para a hidrodestilação do óleo. Após um período ininterrupto de 2 horas de destilação, foi anotado o volume de óleo essencial obtido em cada parcela.

3. 8 Análises estatísticas

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa “ASSISTAT 7.5 BETA”. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, quando os fatores foram qualitativos, ou realizou-se uma análise de regressão, quando os fatores foram quantitativos. Foi feita uma análise comparativa das respostas das plantas cultivadas nos períodos seco e chuvoso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis de crescimento

Observa-se, na Tabela 5, que todas as variáveis de crescimento estudadas foram influenciadas significativamente pelos fatores luminosidade e tempo de coleta, e apenas a altura (Alt), diâmetro do caule (DC) e massa seca das folhas (MSF) foram influenciadas pelo fator período (seco e chuvoso). A interação entre o período e a luminosidade foi significativa apenas para Alt, MSF, massa seca da parte aérea (MSPA) e área foliar específica (AFE). No que diz respeito ao efeito conjunto do período e do tempo, todas as variáveis foram influenciadas, exceto a Alt, DC, a razão MSR/MSPA e a AFE. Para a interação entre a luminosidade e o tempo, observou-se que apenas a altura não foi influenciada significativamente. Ao avaliar a interação dos três fatores, verificou-se que todas as variáveis sofreram alterações significativas, com exceção da área foliar, MSPA e a razão MSR/MSPA.

4.1.1 Área foliar

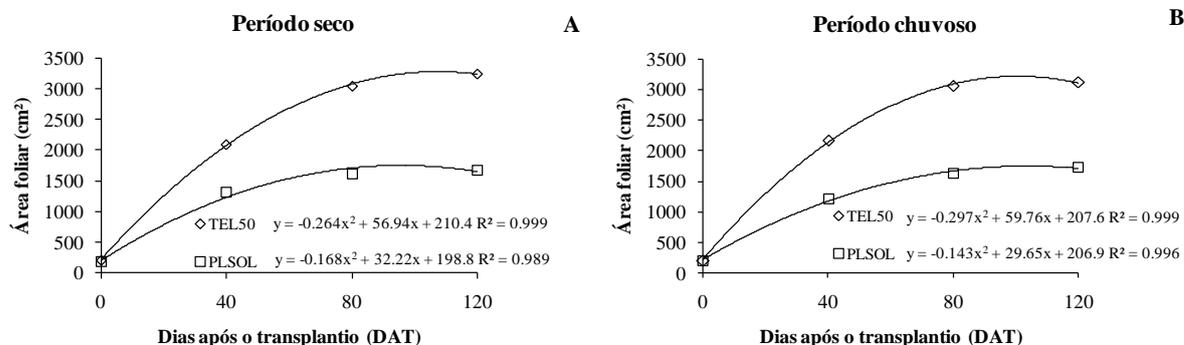
Para a área foliar, observou-se que tanto as plantas cultivadas no período seco (Figura 4A), quanto as cultivadas no período chuvoso (Figura 4B), tiveram respostas positivas ao decorrer das épocas de avaliação nos dois ambientes de cultivo (telado e a pleno sol), obtendo-se os maiores valores dessa variável nas plantas cultivadas sob telado, independentemente do tempo de coleta e do período de cultivo (seco e chuvoso). Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que a anatomia foliar é especializada para absorção de luz, sendo maior nos ambientes de menor luminosidade para uma maior captação de luz, uma vez que esse ambiente atenua a densidade de fluxo de radiação.

Tabela 5 – Valores sumarizados da análise de variância para área foliar (AF), altura (Alt), diâmetro do caule (DC), massas secas da raiz (MSR), do caule (MSC), das folhas (MSF), da parte aérea (MSPA) e total (MST), razão da MSR/MSPA e área foliar específica (AFE) em plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a duas estações (seca e chuvosa), duas condições de luminosidade (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

Fontes de Variação	Quadrado Médio										
	GL	AF	Alt	DC	MSR	MSC	MSF	MSPA	MST	MSR/MSPA	AFE
Período (A)	1	1144,6 ^{ns}	918,0*	10,4**	50,0 ^{ns}	76,6 ^{ns}	378,5**	114,57 ^{ns}	315,9 ^{ns}	0,01 ^{ns}	216,27 ^{ns}
Resíduo (A)	8	361953,6	88,91	0,1	83,7	39,7	7,0	38,86	182,8	0,02	2924,0
Luminosidade (B)	1	41710734,5**	253237,5**	667,6**	26445,7**	27765,7**	9655,5**	70168,59**	182769,0**	1,10**	169868,20**
Int. (A x B)	1	753,5 ^{ns}	7860,6**	0,5 ^{ns}	9,1 ^{ns}	33,7 ^{ns}	432,3**	224,58*	324,4 ^{ns}	0,02 ^{ns}	19092,62**
Resíduo (B)	8	171683,1	97,09	1,0	70,1	45,1	11,6	27,55	136,4	0,02	1685,91
Tempo (C)	3	10622018,0**	20665,9**	54,0**	2912,0**	3454,4**	415,1**	5860,51**	15652,8**	0,52**	40620,09**
Int. (A x C)	3	1355,2**	476,5 ^{ns}	1,6 ^{ns}	182,5*	216,0**	21,9*	175,10**	571,9**	0,03 ^{ns}	1239,00 ^{ns}
Int. (B x C)	3	5247875,1**	442,1 ^{ns}	23,3**	325,9**	1003,5**	160,6**	1225,78**	1636,5**	0,33**	15719,58**
Int. (A x B x C)	3	24514,0 ^{ns}	3336,1**	4,1**	221,7**	112,7**	25,2*	70,14 ^{ns}	462,1**	0,04 ^{ns}	9896,84**
Resíduo (C)	48	201115,3	187,4	0,6	50,3	25,3	7,1	31,13	84,9	0,02	1707,55
CV% (A)		36,21	8,27	5,84	34,35	23,39	15,26	14,06	19,05	34,03	32,99
CV% (B)		24,94	8,64	14,16	31,46	24,92	19,65	11,83	16,46	30,78	30,37
CV% (C)		26,99	12,01	11,13	26,65	18,67	15,38	12,58	12,98	30,08	30,56

** Significativo pelo teste F a 0,01; * Significativo pelo teste F a 0,05; ns – não significativo. CV – coeficiente de variação em porcentagem

Figura 4. Área foliar de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

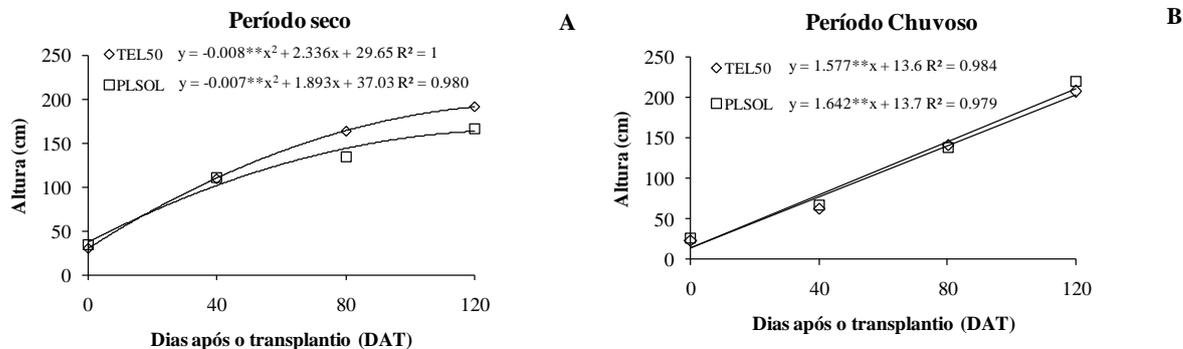


Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al (2009), que ao estudarem a planta *Artemisia vulgaris* verificaram melhores respostas para área foliar quando elas foram cultivadas em condições de telado azul com luminosidade de 50%. Porém, trabalhando com a planta *Ocimum basilicum*, Souza et al. (2011) constataram resposta contrária, onde a área foliar não foi influenciada significativamente pelos cultivos sob telado e a sol pleno.

4.1.2 Altura

De forma geral, tanto as plantas cultivadas no período seco (Figura 5A) quanto as cultivadas no período chuvoso (Figura 5B), tiveram aumento em sua altura ao longo do tempo, nos dois ambientes (telado e a pleno sol). As plantas cultivadas sob proteção apresentaram maiores valores no período seco (190,8 cm) que as conduzidas a pleno sol (166,0 cm) e houve uma resposta semelhante no período chuvoso. Observou-se uma resposta quadrática no período seco para ambas as variáveis e linear no período chuvoso, nesse caso, com um aumento unitário de 1,58 cm e 1,64 cm por dia, para o ambiente sob telado e a pleno sol, respectivamente.

Figura 5. Altura de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

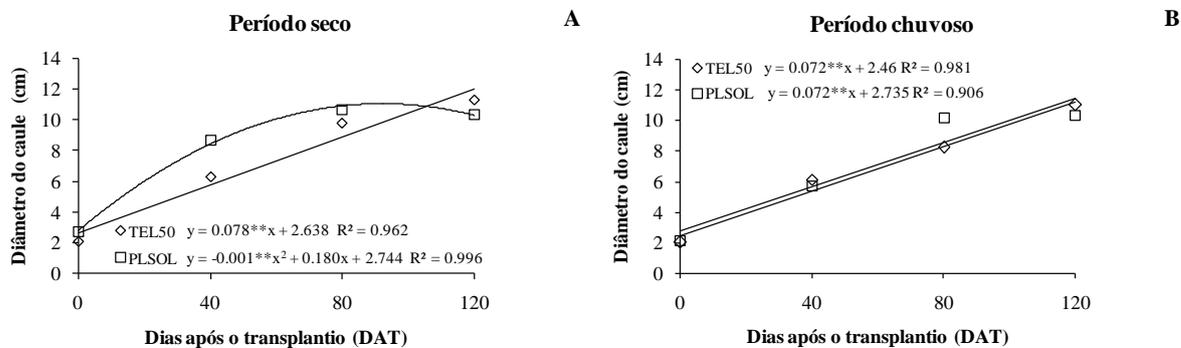


Resultados semelhantes aos observados no período seco foram encontrados por Freitas et al. (2012), que ao estudarem a planta *Plectranthus grandis* verificaram que os indivíduos apresentaram maior crescimento em altura quando cultivadas em condições de telado a 50% de luminosidade. Esses resultados também estão de acordo com os encontrados por Souza et al. (2011), que constataram que plantas de *Ocimum silicum* não apresentaram diferença significativa na altura entre os ambientes em telado de 50% e a pleno sol.

4.1.3 Diâmetro do caule

Verificou-se que, para o diâmetro do caule, tanto as plantas cultivadas no período seco (Figura 6A), quanto as cultivadas no período chuvoso (Figura 6B), obtiveram aumento no diâmetro do caule ao longo do tempo, nos dois ambientes (telado e pleno sol). De modo geral, os valores encontrados foram maiores nas plantas cultivadas a céu aberto, exceto na última avaliação, realizada aos 120 DAT. Além disso, verificou-se que as diferenças entre o cultivo sob telado e a pleno sol foram menores no período chuvoso.

Figura 6. Diâmetro do caule de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

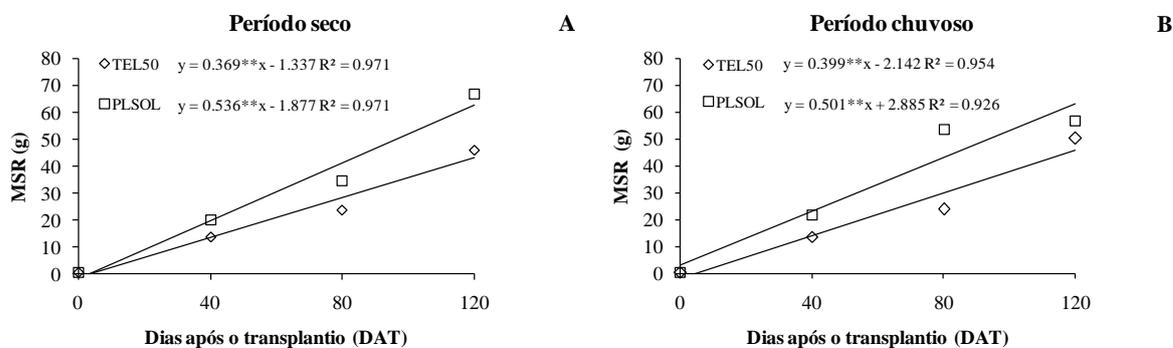


Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2012), que ao estudarem *Melissa officinalis* verificaram que as plantas crescidas a pleno sol apresentaram maior diâmetro do colo que as plantas crescidas sob telado de 50% de luminosidade. No entanto, analisando os resultados observados por Freitas et al. (2012), plantas de *Plectranthus grandis* quando cultivadas a 50% de luminosidade apresentaram o maior diâmetro de caule em relação às cultivadas a pleno sol.

4.1.4 Massa seca da raiz

Em relação à massa seca da raiz (MSR), observou-se que, tanto as plantas cultivadas no período seco (Figura 7A), quanto as cultivadas no período chuvoso (Figura 7B), tiveram aumento ao longo das épocas de avaliação nos dois ambientes, sendo que os valores foram sensivelmente maiores nas plantas cultivadas em pleno sol. O maior valor encontrado para essa variável foi de 65,21 g encontrado na última coleta das plantas que estavam em pleno sol, no período seco. Talvez esse comportamento se dê pelo fato de que na condição de maior luminosidade as raízes precisem aumentar de volume e comprimento mais para absorver mais água. Para os dois ambientes de cultivo, nos dois períodos de avaliação, foram encontradas respostas lineares crescentes, com ganhos unitários de 0,3 e 0,5 g por dia para o ambiente telado e a pleno sol nos ambientes sob telado e a pleno sol, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

Figura 7. Massa seca da raiz de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

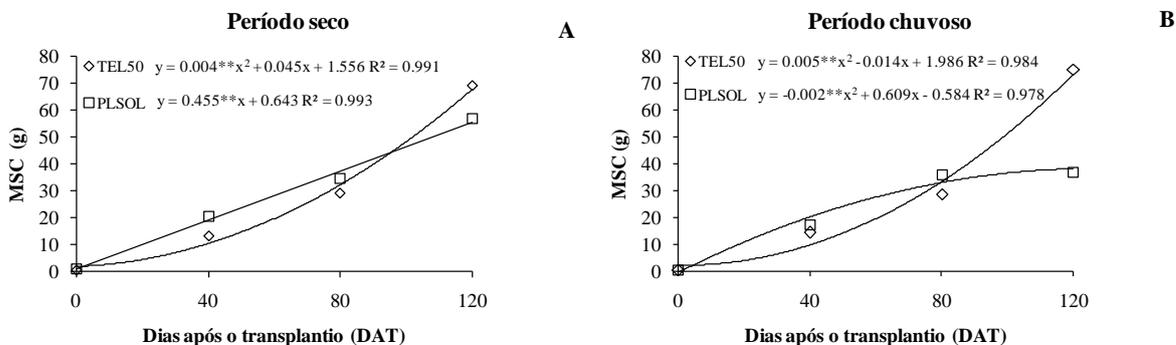


No que diz respeito à massa seca da raiz, resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2009), que ao estudarem a planta *Artemisia vulgaris* verificaram maiores valores quando as plantas foram cultivadas em pleno sol em relação as submetidas à telado 50%. Essas respostas positivas para a massa seca da raiz nas plantas em pleno sol, em relação às submetidas a telado de 50%, também foram verificadas por Dantas et al. (2008), ao trabalharem com a planta *Caesalpinia ferrea*.

4.1.5 Massa seca do caule

Para a massa seca do caule (MSC), verificou-se que, tanto as plantas cultivadas no período seco (Figura 8A), quanto as cultivadas no período chuvoso (Figura 8B), obtiveram aumento ao longo do tempo nos dois ambientes (telado e pleno sol), encontrando o maior valor para essa variável de 72,31 g na última época de avaliação das plantas cultivadas sob telado no período chuvoso. Ao comparar a primeira com a última coleta das plantas no período seco, observou-se um aumento de 99,26% e de 98,94% nas plantas em telado e em pleno sol, respectivamente, em que as plantas submetidas a luminosidade a 50% se mostraram superiores cerca de 12,24 g em relação às cultivadas a sol pleno. Ao utilizar a mesma comparação, o aumento da massa seca do caule, na estação chuvosa, foi de 98,89%, para as plantas em pleno sol e de 99,44% para as plantas sob telado, na qual obteve-se uma diferença de 37,91 g superior para as plantas submetidas a 50% de luminosidade em relação as plantas em sol pleno.

Figura 8. Massa seca do caule de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

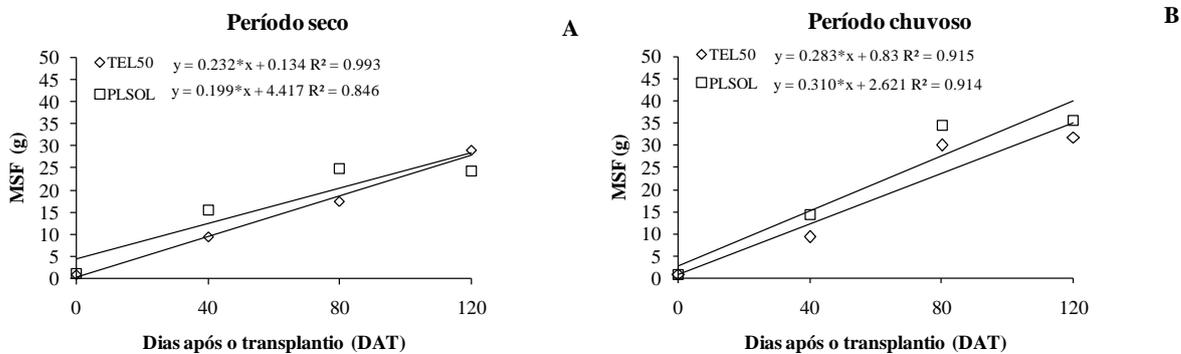


Resultados semelhantes foram observados por Dantas et al. (2008), que ao estudarem a planta *Caesalpinia ferrea* verificaram melhores respostas para massa seca do caule quando essas plantas foram cultivadas em condições sob telado com 50% de luminosidade. Ainda segundo esses autores, esses valores se mostraram superiores em relação às plantas cultivadas em pleno sol após a terceira época de avaliação (90 DAT), o que se assemelha com resultados obtidos no presente estudo.

4.1.6 Massa seca das folhas

No que diz respeito à massa seca das folhas (MSF), verificou-se um acréscimo, tanto para as plantas cultivadas no período seco, quanto para as cultivadas no período chuvoso, ao longo do tempo, nos dois ambientes de cultivo (telado e pleno sol) (Figura 9). Para ambos os períodos (seco e chuvoso), a MSF ajustou-se sob equações lineares crescentes com ganhos unitários de 0,23 e 0,19 g a cada dia para as condições telado e a pleno sol, respectivamente (Figura 9A) e 0,28 e 0,31 g por dia para telado e pleno sol no período chuvoso (Figura 9B).

Figura 9. Massa seca das folhas de plantas de alecrim pimenta (*Lippia organoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



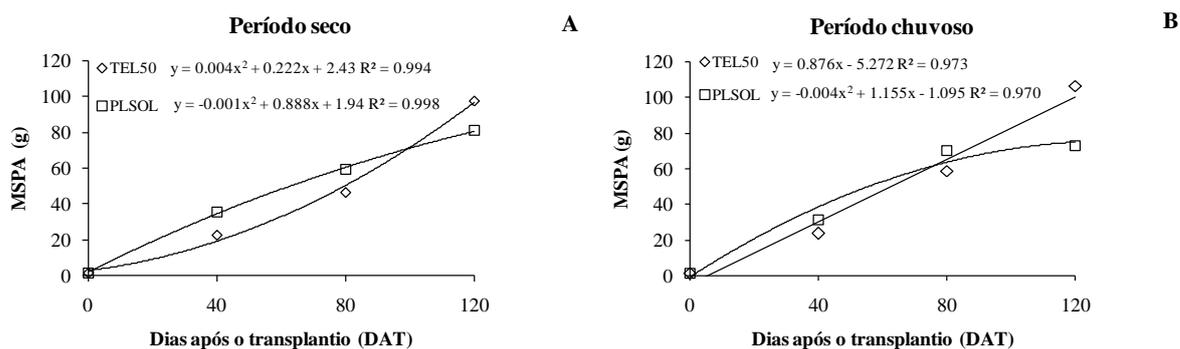
Resultados distintos foram observados por Batista et al. (2012), que ao estudarem a planta *Piper callosum* verificaram que as plantas apresentaram melhores respostas para a massa seca das folhas quando cultivadas em condições de menor nível de luminosidade, o que difere dos resultados encontrados no alecrim, visto que apenas na última avaliação do período seco as plantas submetidas a telado mostraram-se maiores. Da mesma forma, Souza et al. (2013), trabalhando com plantas de *Mentha piperita*, observaram maiores resultados quando cultivadas sob malha vermelha com 50% de luminosidade. Corroborando com os resultados encontrados, Aguilera et al. (2004), trabalhando com *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade, constataram maiores valores tanto na massa seca da parte aérea quanto na área foliar específica para as plantas cultivadas a pleno sol.

4.1.7. Massa seca da parte aérea

Observou-se para a massa seca da parte aérea (MSPA) respostas semelhantes para as plantas conduzidas no período seco e chuvoso (Figura 10), de modo que os maiores valores de MSPA foram encontrados aos 120 DAT, independentemente da condição de luminosidade, com exceção apenas das plantas submetidas a pleno sol no período chuvoso. As plantas submetidas a telado apresentaram maiores valores nas últimas avaliações com 97,7 g e 106,4 g nos períodos seco e chuvoso respectivamente.

Para as plantas submetidas a pleno sol, esses valores foram 72,3 g (aos 120 DAT) e 72,32 g aos 120 DAT.

Figura 10. Massa seca da parte aérea de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



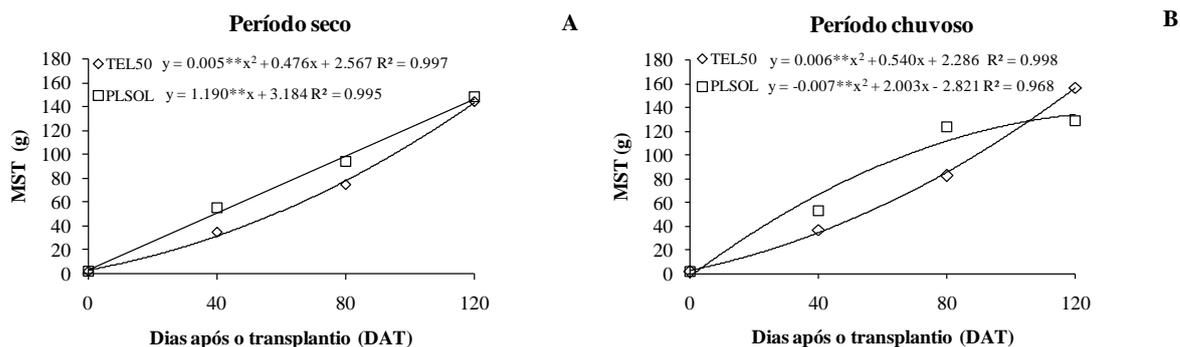
Trabalhando com *Achillea millefolium* em diferentes níveis de sombreamento e doses de nitrogênio, Lima et al. (2011) observaram que as plantas submetidas a luz plena apresentaram um maior peso em gramas em comparação às que estavam submetidas a telado. Resultado semelhante foi obtido em *A. millefolium* 'Red Velvet', em que foi observado o maior acúmulo de massa seca da parte aérea à luz plena, quando comparada à condição de 50% de sombreamento (FAUSEY et al., 2005).

4.1.7 Massa seca total

De um modo geral, observaram-se respostas diferentes de acordo com os períodos de avaliação (seco e chuvoso) para a massa seca total (MST). As plantas submetidas ao ambiente a pleno sol apresentaram maiores valores de MST em relação às que estavam em telado, com exceção da última avaliação do período chuvoso (Figura 11B), registrando-se maiores valores. Para os dois períodos de avaliação, bem como, as épocas de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), os maiores valores foram encontrados nas últimas avaliações (120 DAT) com 143,72 g no telado e 147,77 g no pleno sol (Figura 11A) e 156,49 e 128,91 g para o telado e pleno sol, respectivamente (Figura 11B). Calculando-se a produção de massa seca total do alecrim pimenta para as condições do

Maçiço de Baturité no espaçamento 1,0 x 1,0m obteve-se um valor equivalente a 698,9 kg/ ha/ ano para o período seco e de 738,0 kg/ ha/ ano para o período chuvoso.

Figura 11. Massa seca total de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maçiço de Baturité, CE, 2014



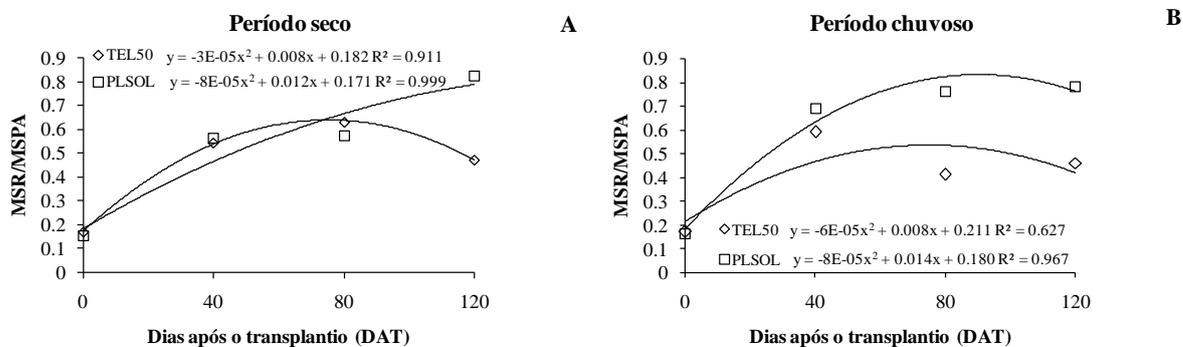
Resultados semelhantes foram encontrados por Aguilera et al. (2004), que trabalhando com crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade, constataram que as plantas submetidas a pleno sol apresentaram maiores valores de massa seca total. Em contrapartida Batista et al. (2012), trabalhando com a planta *Piper callosum* verificaram que os indivíduos apresentaram maiores valores de MST quando cultivadas em condições com menor nível de luminosidade. Esses resultados ainda concordam com os encontrados por Souza et al. (2013) que ao trabalharem com plantas de *Mentha piperita* constataram que elas apresentaram melhores resultados quando cultivadas sob malha vermelha com 50% de luminosidade. Trabalhando com alecrim pimenta em diferentes tipos de espaçamento, Melo et al. (2010) verificaram uma produção de 770,39 kg/ ha/ ano quando trabalharam com a *Lippia origanoides* no espaçamento 1,0 x 1,0m em Minas Gerais.

4.1.8 Relação MSR/MSPA

A relação MSR/MSPA apresentou valores crescentes ao longo do tempo de cultivo, tanto nas plantas cultivadas no período seco (Figura 12A) quanto nas cultivadas no período chuvoso (Figura 12B), nos dois ambientes (telado e pleno sol). O maior valor para essa variável foi de 0,82 encontrado na última época de avaliação das plantas

cultivadas a pleno sol no período seco. Para o período chuvoso (Figura 12B) plantas submetidas a pleno sol apresentaram maiores em todas as épocas de avaliação em comparação as do telado. Para este mesmo período as plantas aos 120 DAT houve uma diferença superior de 0,32 para as plantas do pleno sol.

Figura 12. Relação massa seca da raiz/massa seca da parte aérea (MSR/MSPA) em plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



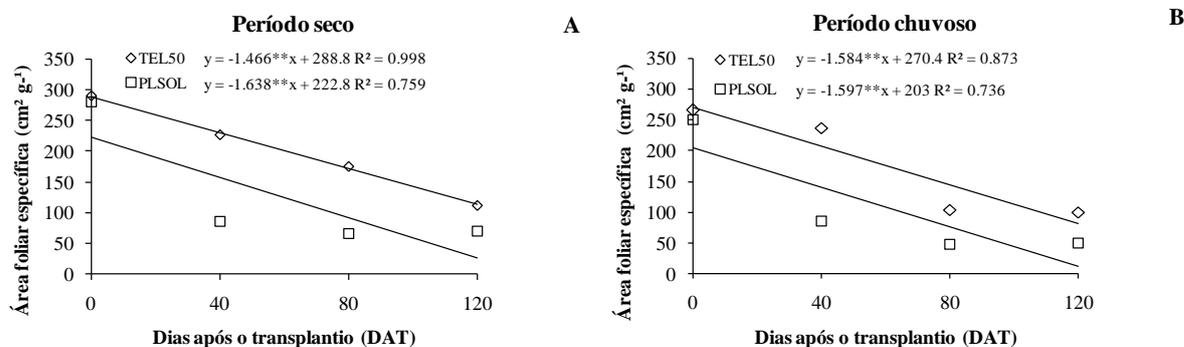
Para a Figura 12A, resultados distintos foram observados por Souza et al. (2013), que ao estudarem a planta *Mentha piperita* verificaram que os indivíduos apresentaram melhores respostas para esta razão quando submetidos ao cultivo em malha azul com 50% de luminosidade. Em contrapartida, trabalhando com plantas de *Melissa officinalis*, Souza et al. (2012) encontraram resultados semelhantes, em que as plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maiores resultados para essa razão, corroborando os dados encontrados para o alecrim pimenta.

4.1.9 Área foliar específica (AFE)

As plantas cultivadas em telado apresentaram maiores valores de AFE nos dois períodos do ano e em todas as épocas de avaliação, em comparação com as plantas cultivadas em pleno sol (Figura 13). Provavelmente essa maior AFE tenha se dado pelo fato de as plantas em telado apresentarem folhas maiores e menos espessas, fatos evidenciados pelos resultados de área foliar (Figura 4) e massa seca das folhas (figura

9). Por outro lado, as plantas conduzidas a pleno sol apresentaram folhas menores, porém em maiores quantidades, o que incrementou um maior peso de MSF. A AFE das plantas ajustou-se a equações lineares decrescentes nos dois períodos de avaliação, com perda unitária de $1,47 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $1,63 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (telado e pleno sol) para o período seco e $1,58 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $1,59 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para telado e pleno sol, respectivamente, no período chuvoso (Figura 13B).

Figura 13. Área foliar específica de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



A AFE relaciona componentes morfoanatômicos: área da superfície da folha e o peso da biomassa seca da própria folha (BENINCASA, 2003). Assim, a AFE é um indicativo da espessura da folha e estima a proporção relativa da superfície assimilatória e dos tecidos de sustentação e condutores da folha, indicando que as folhas de *Lippia origanoides* são mais espessas nas condições a pleno sol. Trabalhando com *Mentha arvensis* L. cultivada sob diferentes malhas e níveis de sombreamento, Chagas et al. (2010) observaram uma maior AFE nas plantas conduzidas em telado, corroborando os valores encontrados no alecrim. Resultado observado também *Ocimum basilicum* (CHANG et al., 2008) que verificaram uma menor espessura nas folhas com o aumento do sombreamento. Isto pode ser caracterizado como uma aclimação das plantas tolerantes ao sombreamento, sendo que a redução pode estar associada a um menor volume de células.

4.2 Trocas gasosas

Para as trocas gasosas, verificou-se que as variáveis foram influenciadas significativamente pelos três fatores isolados (período, luminosidade e tempo), com exceção do EUA, que não sofreu influência do período, do IRC, que não foi influenciado pela luminosidade, e do A, que não sofreu alterações significativas do fator tempo (Tabela 6). A interação entre o período e a luminosidade foi significativa apenas para A e FV/FM. Já para o efeito conjunto do período e do tempo, bem como para a interação entre a luminosidade e o tempo, em houve efeito significativo todas as variáveis. Ao avaliar a interação tripla, observou-se que todas as variáveis sofreram alterações significativas, exceto o IRC.

Tabela 6 – Valores sumarizados da análise de variância para condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), taxa de fotossíntese líquida (A), índice relativo de clorofila (IRC) e eficiência do uso da água (EUA) em plantas de alecrim pimenta (*Lippia organoides*) submetidas a duas estações (seca e chuvosa), duas condições de luminosidades (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

Fontes de Variação	Quadrado Médio						
	GL	gs	E	A	IRC	EUA	FV/FM
Período (A)	1	0,05**	45,19**	77,00*	284,44**	0,14 ^{ns}	0,03**
Resíduo (A)	8	0,00	2,10	9,54	1,98	0,17	0,00
Luminosidade (B)	1	0,22**	10,92**	205,60**	20,35 ^{ns}	8,13**	0,05**
Int. (A x B)	1	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	68,87*	1,66 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,18**
Resíduo (B)	8	0,00	0,45	7,72	5,83	0,15	0,00
Tempo (C)	3	0,24**	19,17**	13,07 ^{ns}	54,28**	2,36**	0,01**
Int. (A x C)	3	0,20**	27,61**	38,74**	19,46*	3,34**	0,00*
Int. (B x C)	3	0,27**	47,29**	225,06**	28,28**	1,51**	0,02**
Int. (A x B x C)	3	0,04**	10,59**	19,53*	10,62 ^{ns}	1,85**	0,02**
Resíduo (C)	48	0,00	0,53	5,64	6,07	0,30	0,00
CV% (A)	-	18,09	25,52	27,86	4,92	19,64	8,01
CV% (B)	-	22,22	11,67	25,06	8,43	18,99	9,34
CV% (C)	-	19,26	12,66	21,42	8,60	26,13	7,22

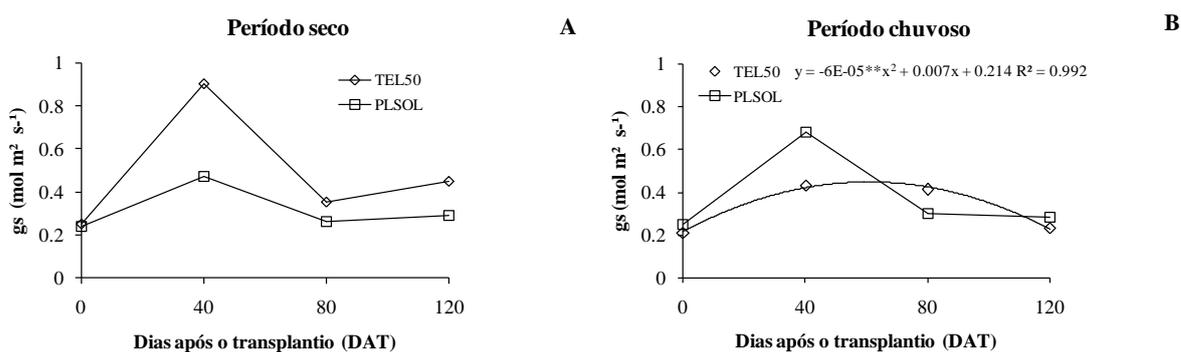
** Significativo pelo teste F a 0,01; * Significativo pelo teste F a 0,05; ns – não significativo.

CV – coeficiente de variação em percentagem

4.2.1 Condutância estomática (gs)

Em relação à condutância estomática (gs), as plantas cultivadas no período seco (Figura 14A) apresentaram resposta distinta das cultivadas no período chuvoso (Figura 14B). No primeiro caso, em geral, as plantas cultivadas sob telado apresentaram valores de gs superiores em comparação às submetidas a pleno sol. Para esse período, os modelos testados não apresentaram significância para os coeficientes da equação e R^2 , sendo os dados apresentados pelas médias \pm erro padrão da média. Os maiores valores foram encontrados aos 40 DAT, com $0,90 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $0,47 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para as plantas do telado e a pleno sol, respectivamente. No período chuvoso, verificou-se um ajuste quadrático para a condutância estomática das plantas sob telado, com valor máximo de $0,41 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aproximadamente aos 60 DAT. Comparando-se os dois períodos de cultivos, (Figuras 14A e B), verifica-se que, no período seco, os valores foram, em geral, maiores nas plantas sob telado, enquanto no período chuvoso os valores foram maiores nas plantas a pleno sol ou similares nos dois ambientes, dependendo da data de avaliação. Essa resposta no período seco pode ter ocorrido pela possível sensibilidade estomática da espécie, sendo a condutância estomática favorecida sob as condições do microclima do telado.

Figura 14. Condutância estomática (gs) em plantas de alecrim pimenta (*Lippia organoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidades (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



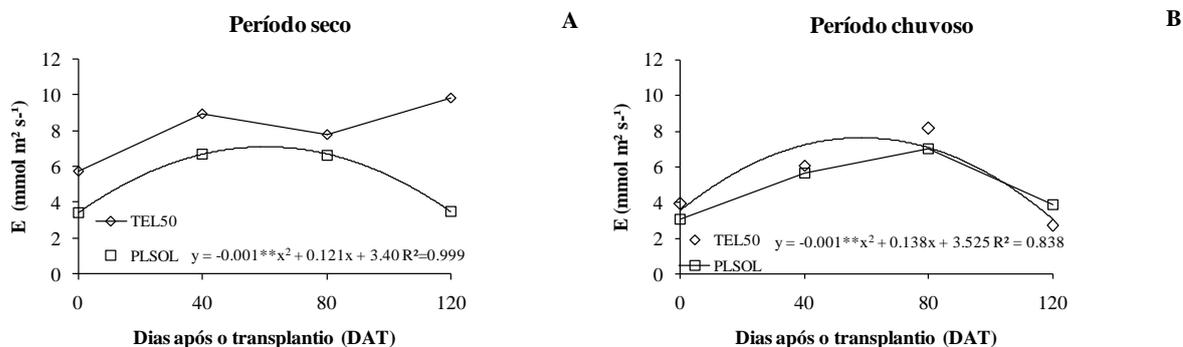
Costa e Marengo (2007) relatam que a intensidade luminosa é um dos principais fatores responsáveis pela condutância estomática refletindo nas taxas assimilatória líquida e na eficiência de carboxilação. Ao avaliar o crescimento e a fotossíntese de plantas de pinhão-mansão cultivadas em diferentes condições de luminosidade, Schock et

al. (2014) encontraram maiores taxas de condutância estomática nas plantas conduzidas a sol pleno, corroborando os resultados encontrados no presente trabalho no período chuvoso. Por outro lado, trabalhando com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell.), Cascardo et al. (1993) também constataram que a condutância estomática é máxima quando o teor de água da folha é alto, podendo explicar o motivo da condutância estomática ter sido maior nas plantas conduzidas a telado no período seco, pelo fato das folhas possivelmente possuírem maiores teores de água que as do pleno sol.

4.2.2 Transpiração (E)

Na Figura 15, notou-se que nos dois períodos de avaliação (seco e chuvoso), houve respostas diferentes para a variável transpiração (E) nas épocas de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT). Com relação aos dois períodos de avaliação, observou-se que as plantas cultivadas no período seco e em telado sobressaíram-se em todas as avaliações em relação às cultivadas a pleno sol (Figura 15A), não havendo ajuste de equação significativa para esse caso. Essa resposta para o período chuvoso mostrou-se variada, em que as taxas de transpiração mostraram-se crescentes até os 69 DAT, ocorrendo uma queda após essa época de avaliação, em que, as plantas a pleno sol apresentaram valores de gs superiores as plantas sob telado, aos 120 DAT (Figura 15B). Comparando-se os valores na última coleta de plantas (120 DAT) no período seco, observou-se diferença superior de $6,31 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para as plantas cultivadas sob telado, em relação as submetidas a pleno sol. No período chuvoso, essa diferença aos 120 DAT, foi de $1,21 \text{ mmol m}^2 \text{ s}^{-1}$ para as plantas cultivadas a pleno sol, que por sua vez, apresentaram maiores taxas de transpiração.

Figura 15. Transpiração (E) em plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

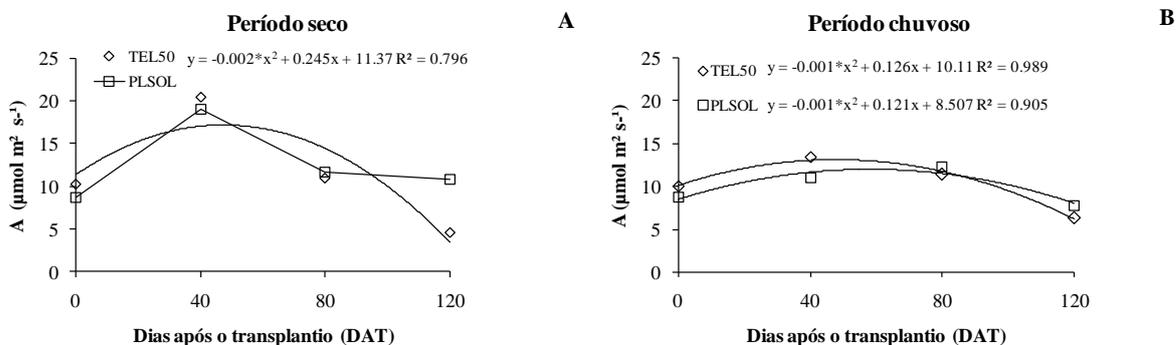


Stock et al. (2013), trabalhando com pinhão manso em diferentes condições de luminosidade, em que encontraram valores que corroboram os encontrados no período seco, onde a transpiração no telado foi maior que a pleno sol. Por outro lado, Welander e Ottosson (2000), trabalhando com plantas de *Quercus robur*, observaram que as taxas transpiratórias foram maiores com o aumento da irradiância.

4.2.3 Fotossíntese (A)

De forma geral, tanto as plantas cultivadas no período seco quanto as cultivadas no período chuvoso (Figura 16) apresentaram respostas distintas para as taxas de fotossíntese (A), havendo ajuste de regressão apenas para as plantas do telado no primeiro período (seco). Os maiores valores nos dois períodos de avaliação (seco e chuvoso) foram encontrados nas plantas cultivadas sob telado, com $16,5 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ para o período seco e $14,0 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ para o período chuvoso aos 63 DAT. Na última avaliação (120 DAT), as plantas submetidas a pleno sol mostraram superiores taxas de fotossíntese líquida superiores àquelas plantas sob telado, apresentando valores de $10,87 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ e $4,63 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ respectivamente (Figura 16A). Já no período chuvoso (Figura 16B) aos 120 DAT registraram-se valores de $10,83 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ para as plantas submetidas a telado e $8,83 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ para submetidas a pleno sol.

Figura 16. Fotossíntese líquida (A) em plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

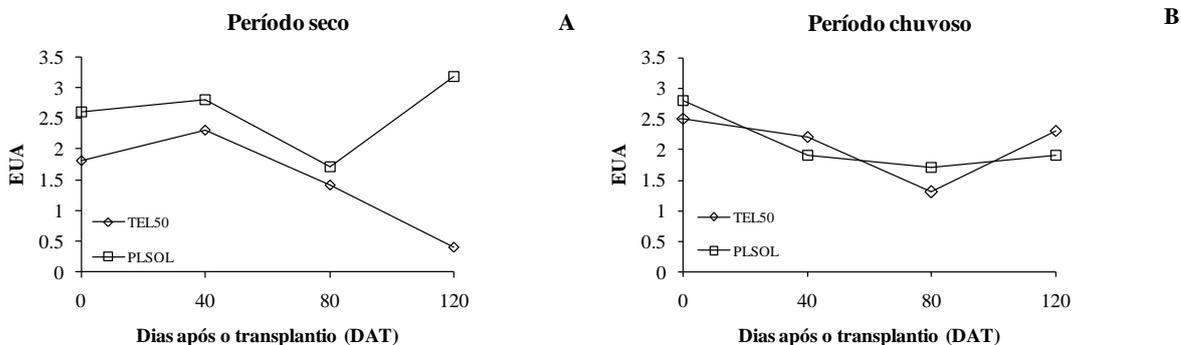


Resultados contrários foram encontrados por Freitas et al. (2012), os quais constataram em plantas do gênero *Plectranthus* cultivadas em telado uma menor redução no desempenho fotossintético quando comparadas com as cultivadas em pleno sol. Por outro lado, resultados semelhantes foram encontrados por Lima Jr. et al. (2005) que trabalhando com plantas de *Cupania vernalis*, as quais tiveram suas taxas fotossintéticas reduzidas quando submetidas a 50 e 70% de sombreamento. Da mesma forma, Deng et al. (2012), trabalhando com plantas de *Jasminum sambac*, observaram que o melhor desempenho fotossintético foi encontrado quando as foram cultivadas em ambiente com 50% de luminosidade.

4.2.4 Eficiência no uso da água (EUA)

Na Figura 17, observa-se a eficiência do uso da água (EUA) de plantas de alecrim pimenta, constatando-se um comportamento diferenciado, tanto nos períodos de avaliação (seco e chuvoso), quanto para as condições de luminosidade (pleno sol e telado). Em todos os casos, não houve ajuste de modelos de regressão. No período seco (Figura 17A), as plantas cultivadas sob pleno sol foram mais eficientes no uso da água, com cerca de 85,20% de aproveitamento da água em comparação com as plantas cultivadas sob telado. No período chuvoso (Figura 17B), as plantas cultivadas sob telado foram mais eficientes quanto ao uso da água, com valores da EUA de 13,85% superiores aos das plantas cultivadas a pleno sol.

Figura 17. Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

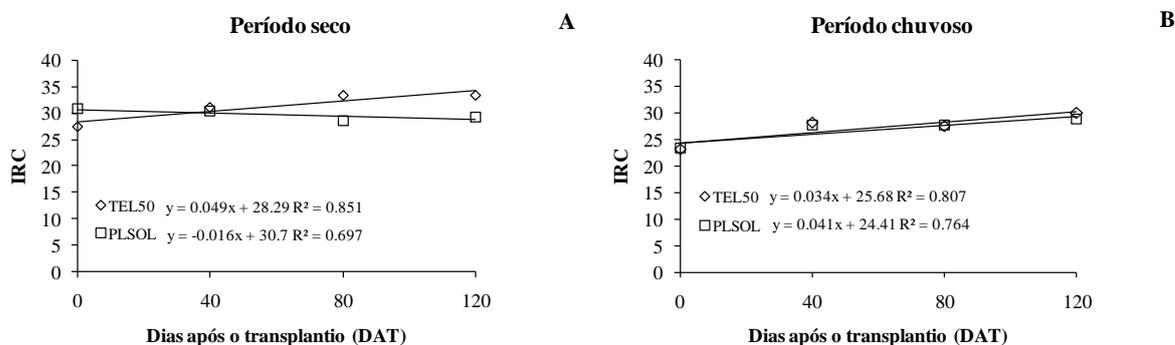


Segundo Bandeira et al. (2011), a evapotranspiração em ambiente protegido é em média menor que a verificada externamente, devido à redução da radiação solar e da ação dos ventos. Corroborando resultados encontrados no período chuvoso, em que as plantas cultivadas sob telado fizeram maior proveito do uso da água pela menor evapotranspiração e ação dos ventos dentro do ambiente.

4.2.5 Índice relativo de clorofila (IRC)

Em relação ao índice relativo de clorofila, observou-se de modo geral uma resposta variada para os períodos (Figura 18). As plantas apresentaram um aumento no índice real de clorofila com o passar das épocas de avaliação. No período seco (Figura 18A), o maior valor encontrado para o IRC foi de 34,1 aos 120 DAT e no período chuvoso, esse valor foi de 29,7, também aos 120 DAT. Com relação à luminosidade, observou-se que para o primeiro período do experimento (seco) as plantas cultivadas sob telado mostraram valores de IRC superiores aos das plantas cultivadas a pleno sol a partir dos 40 DAT. No período chuvoso não houve diferença significativa (Figura 18B).

Figura 18. Índice real de clorofila (IRC) de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



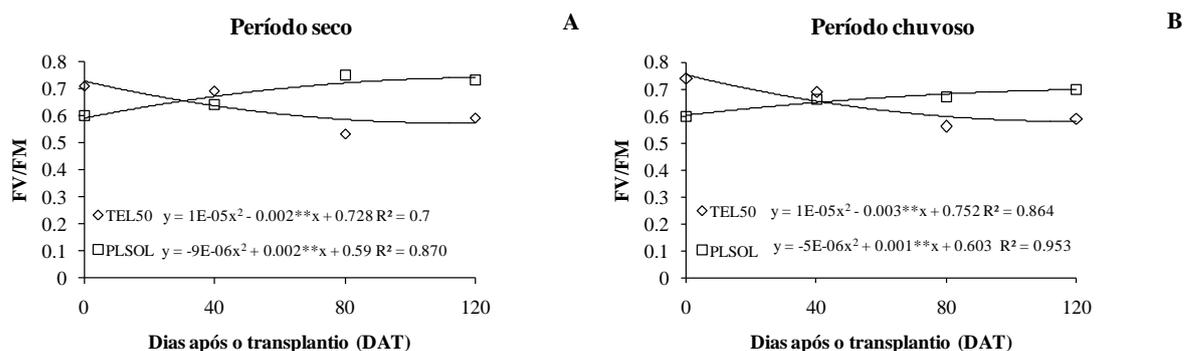
Raven, Evert e Eichhorn (2007), Zhang *et al.* (2007) e Taiz e Zeiger (2013) afirmaram que comumente, as folhas sob baixa irradiância, em contraste com aquelas em pleno sol, são mais largas e mais finas e têm maior concentração de clorofila por centro de reação e uma alta proporção de clorofila b em relação à clorofila a. De modo semelhante, Lima *et al.* (2011) verificaram que a deficiência de luz influenciou o crescimento e a produção de pigmentos fotossintéticos em plantas de *Achillea millefolium*, causando aumento significativo nos teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides. Resultado semelhante foi obtido por Atroch *et al.* (2001), trabalhando com pata-de-vaca, que observaram uma redução significativa de 28% na clorofila total em plantas sob 100% de irradiação, em comparação a plantas com maior sombreamento. Resultados semelhantes foram obtidos por Pinto *et al.* (2007), que trabalhando com plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento observaram também que ocorreu redução de 35,41% da clorofila total nas plantas desenvolvidas a pleno sol em relação àquelas crescidas com 80% de sombreamento.

4.2.6 Eficiência fotoquímica (FV/FM)

Em relação à eficiência fotoquímica (FV/FM), houve um comportamento diferenciado nas plantas cultivadas no período seco e período chuvoso (Figura 19). Observaram-se respostas superiores para as plantas submetidas a pleno sol a partir de cerca de 30 DAT. Os maiores valores de eficiência fotoquímica foram encontrados nas plantas submetidas a pleno sol no período seco (Figura 17A) com 0,70 aos 111 DAT, e

0,65 no período chuvoso (Figura 19B) aos 100 DAT. Comparando-se os dois períodos avaliados, as plantas submetidas a pleno sol no período seco aos 120 DAT, mostraram-se mais eficientes fotoquimicamente que as submetidas à mesma condição do período chuvoso, com uma diferença de 4,1% (0,03). Já para as plantas cultivadas sob telado, não houveram diferenças, ambas (período seco e chuvoso) apresentando valores de 0,59. Houve uma resposta superior das plantas cultivadas sob pleno sol, diferindo das submetidas a telado por 0,14 e 0,11 nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

Figura 19. Eficiência fotoquímica (FV/FM) de plantas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



Segundo Sultan (2004), os padrões de resposta fotoquímica estariam relacionados à plasticidade dinâmica, no qual a aclimação a uma determinada condição estaria relacionada a alterações ao longo do desenvolvimento e ao tempo de exposição, como verificado por Vieira et al. (2012) e Rabelo et al. (2013), que observaram capacidade de recuperação e aclimação de espécies arbóreas tropicais ao longo do tempo.

4.3 Nutrição mineral

Na Tabela 7, observa-se que as variáveis de nutrição mineral foram influenciadas significativamente pelos três fatores isolados (período, luminosidade e tempo), com exceção do Mn, que não sofreu influência significativa pelo período, do P e Mg, que não foram influenciados pela luminosidade, e do Cl, que não sofreu alterações significativas pelo tempo. A interação entre o período e a luminosidade foi significativa para todas as variáveis, com exceção do Mg e do Cl. No que diz respeito ao efeito conjunto do período e do tempo, observou-se que todas as variáveis sofreram alterações significativas com exceção do Ca e do Zn. Para a interação entre a luminosidade e o tempo, verificou-se que apenas N, K e Cl não sofreram influência. Quando se avaliou a interação dos três fatores, observou-se que todas as variáveis sofreram alterações significativas, com exceção do K, Mg, Cu e do Zn.

4.3.1 Nitrogênio

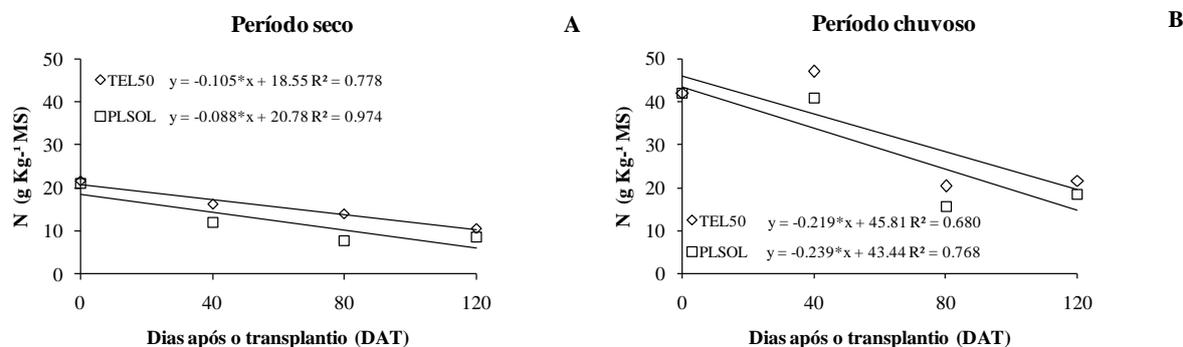
Os teores de N nas folhas de alecrim pimenta decresceram de forma linear ao longo do tempo de cultivo, tanto nas plantas cultivadas no período seco (Figura 20A) quanto nas cultivadas no período chuvoso (Figura 20B). De forma geral, as plantas cultivadas sob telado apresentaram maiores valores nas concentrações de nitrogênio em comparação com as cultivadas a pleno sol em todas as épocas de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT). Os maiores valores do respectivo nutriente encontrados no período seco, para as duas condições de luminosidade (telado e pleno sol) deram-se na primeira avaliação (0 DAT) e para o período chuvoso, na segunda (40 DAT), apresentando 21,4 g kg⁻¹ MS e 21,0 g kg⁻¹ MS e 46,9 g kg⁻¹ MS e 40,7 g kg⁻¹ MS, respectivamente. No primeiro caso (período seco), as plantas sob telado aos 120 DAT, apresentaram 1,9 g kg⁻¹ MS por dia a mais que as cultivadas a pleno sol. No período chuvoso, essa diferença foi de 3,2 g de nitrogênio por kg de matéria seca.

Tabela 7 – Valores sumarizados da análise de variância para nitrogênio(N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e cloretos (Cl), em plantas de alecrim pimenta (*Lippiaoriganoides*) submetidas a duas estações (seca e chuvosa), duas condições de luminosidades (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

Fontes de Variação	Quadrado Médio											
	GL	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	Cl
Período (A)	1	5576,3**	617,7**	484,4**	42,0**	8,5**	299,9**	104462,1**	2672,8**	5144,2**	179,3 ^{ns}	965,2**
Resíduo (A)	8	17,9	1,0	0,2	1,5	0,2	0,2	5354,0	1,5	44,8	76,8	56,1
Luminosidade (B)	1	4382,5**	0,9 ^{ns}	18,4**	34,3*	0,6 ^{ns}	24,2**	450551,7**	393,0**	1054,4**	399,9**	1044,9**
Int. (A x B)	1	1229,6**	24,4**	7,7**	45,4**	2,1 ^{ns}	18,1**	595841,9**	1203,0**	430,9*	3454,0**	15,8 ^{ns}
Resíduo (B)	8	9,9	1,0	0,3	3,1	0,5	0,1	7968,5	8,2	69,2	22,5	10,1
Tempo (C)	3	126,5**	24,6**	7,1**	20,8**	6,6**	7,0**	368048,5**	250,8**	362,7*	1040,7**	30,6 ^{ns}
Int. (A x C)	3	80,2**	20,2**	5,5**	6,4 ^{ns}	3,3**	6,6**	104220,1**	217,4**	287,4 ^{ns}	874,8**	199,9**
Int. (B x C)	3	10,0 ^{ns}	23,0**	0,8 ^{ns}	11,8**	3,0**	5,6**	49248,9**	63,9**	529,3**	372,7**	24,7 ^{ns}
Int. (A x B x C)	3	24,7*	15,6**	1,1 ^{ns}	10,9**	1,2 ^{ns}	4,9**	106067,3**	25,1 ^{ns}	41,8 ^{ns}	407,8**	112,3*
Resíduo (C)	48	8,1	0,9	0,5	2,4	0,6	0,1	9041,1	14,0	109,4	47,0	35,1
CV% (A)		19,29	11,15	11,75	11,52	10,65	20,20	18,31	8,14	11,54	27,73	25,22
CV% (B)		14,40	11,01	15,36	16,65	17,15	15,97	22,34	18,50	14,34	15,03	10,71
CV% (C)		12,99	10,17	17,52	14,70	18,87	13,54	23,79	24,20	18,02	21,69	19,95

** Significativo pelo teste F a 0,01; * Significativo pelo teste F a 0,05; ns – não significativo. CV – coeficiente de variação em percentagem

Figura 20. Teores de nitrogênio (N) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

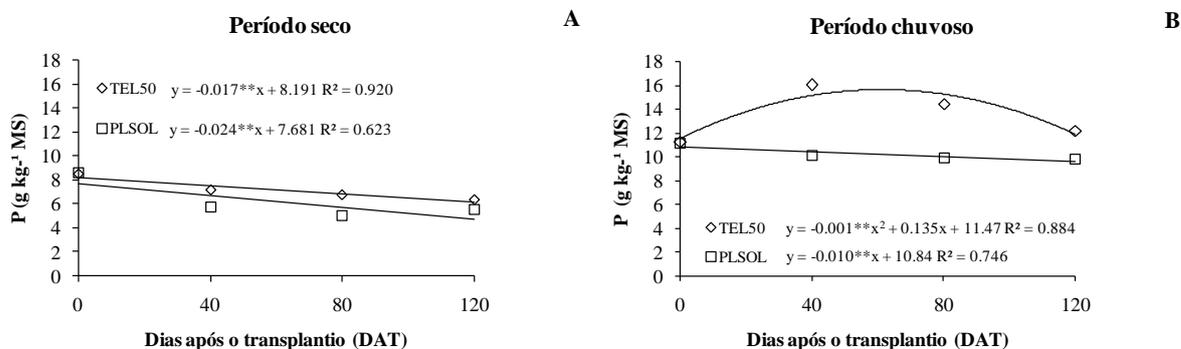


No que diz respeito ao nitrogênio, sabe-se que as plantas requerem esse elemento em altas concentrações e sua deficiência inibe rapidamente o crescimento vegetal e, conseqüentemente, a produção (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os resultados estão de acordo com os encontrados por Sanglard et al., (2011), que trabalhando com alocação de nitrogênio em *Coffea arabica* em resposta à disponibilidade de luz e de água, observaram que as plantas continham maiores teores de nitrogênio quando eram submetidas a ambiente sombreado.

4.3.2 Fósforo

Os teores foliares de P foram, de modo geral, maiores nas plantas cultivadas sob telado. Para o período seco (Figura 21A), essa variável ajustou-se a uma equação linear decrescente para ambos os ambientes de cultivo (telado e pleno sol), com uma perda unitária de 0,017 e 0,024 respectivamente a cada dia. As plantas cultivadas sob telado apresentaram uma concentração de 6,27 g kg⁻¹ MS aos 120 DAT e as submetidas a pleno sol 5,5 g kg⁻¹ MS. Para o período chuvoso (Figura 21B), as plantas cultivadas sob ambiente telado mostraram-se superiores apresentando 12,12 g kg⁻¹ MS, enquanto as submetidas a pleno sol apresentaram 9,82 g kg⁻¹ de matéria seca do respectivo nutriente.

Figura 21. Teores de fósforo (P) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

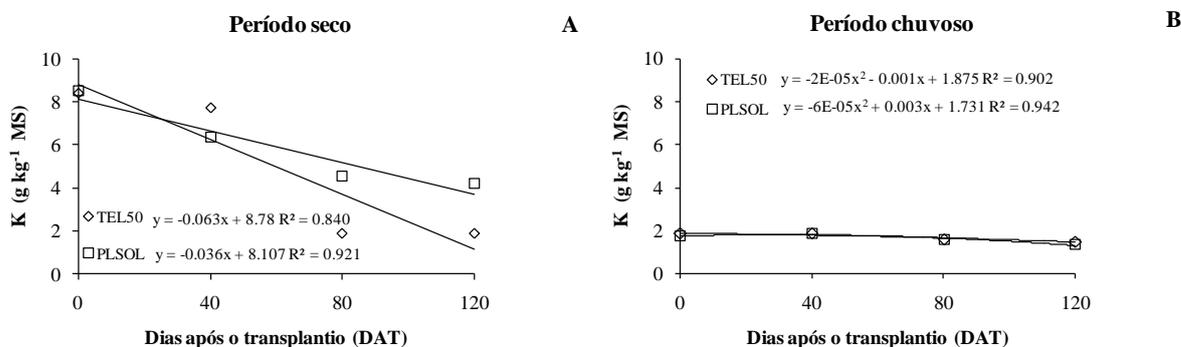


Resultados semelhantes foram encontrados por Castro et al., (2001), que trabalhando com gramíneas forrageiras tropicais, verificaram que as plantas submetidas a três diferentes níveis de sombreamento (0, 40 e 60%) apresentaram maiores teores de fósforo foliar quando submetidas ao sombreamento do que as submetidas a radiação direta.

4.3.3 Potássio

Para os teores foliares de K, observa-se que as plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maiores valores no período seco (Figura 22A), diferindo da condição encontrada nas plantas cultivadas sob mesma condição no período chuvoso (Figura 22B). Comparando-se os dois períodos (seco e chuvoso), houve uma diferença considerável nos teores de potássio foliar, visto que o maior valor encontrado para o primeiro caso (período seco) no telado foi de 8,51 g kg⁻¹ enquanto o valor de 1,86 g kg⁻¹ foi observado na mesma condição de luminosidade, no período seguinte (chuvoso). Comparando-se as plantas do telado com as do pleno sol (Figura 22A), verifica-se aos 120 DAT que as plantas cultivadas a pleno sol foram superiores, apresentando 2,35 g kg⁻¹ a mais que as do telado. No período seguinte (chuvoso), não houve diferença com relação ao teor de potássio nos dois ambientes.

Figura 22. Teores de potássio (K) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



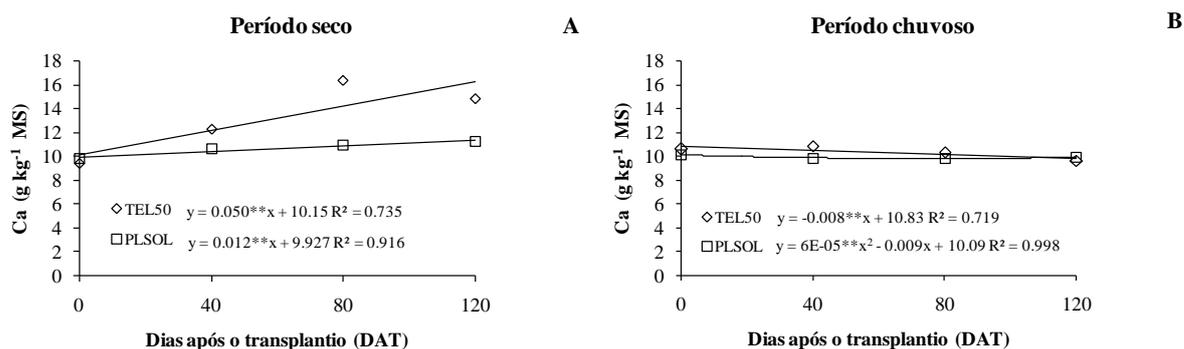
Trabalhando com espécies de gramíneas, Carvalho et al. (1995) observou os mais elevados teores de potássio nas folhas de *A. gayanus*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *M. minutiflora* e *P. maximum*, cultivadas à sombra, e relacionou os resultados ao menor rendimento de matéria seca obtido nesta condição. Da mesma forma, Castro et al. (2001) encontrou maiores teores de potássio foliar em *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* e *Melinis minutiflora* cultivadas sob sombreamento. Esses resultados diferem dos encontrados nas plantas de alecrim pimenta cultivadas no período seco, em que as plantas cultivadas sob pleno sol apresentaram maiores teores foliares de potássio.

4.3.4 Cálcio

Observou-se um comportamento variado em relação aos teores de cálcio nos dois períodos de avaliação (seco e chuvoso), em que as plantas cultivadas sob telado no período seco (Figura 23A) mostraram-se superiores às de pleno sol, enquanto no período chuvoso (Figura 23B) houve respostas semelhantes para as duas condições de luminosidade. Os maiores valores encontrados no primeiro e segundo períodos do experimento (seco e chuvoso), foram encontrados aos 80 DAT (16,37 g kg⁻¹ MS) e 40 DAT (10,81 g kg⁻¹ MS) nas plantas cultivadas sob telado. Fazendo-se uma comparação dos teores das plantas nas duas condições de luminosidade (telado e pleno sol), observou-se uma diferença de 3,5 g kg⁻¹ a mais nas plantas do telado que as em pleno

sol, no período seco. No período chuvoso, os valores na última avaliação (120 DAT) não apresentaram diferença quanto às condições de luminosidade.

Figura 23. Teores de cálcio (Ca) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



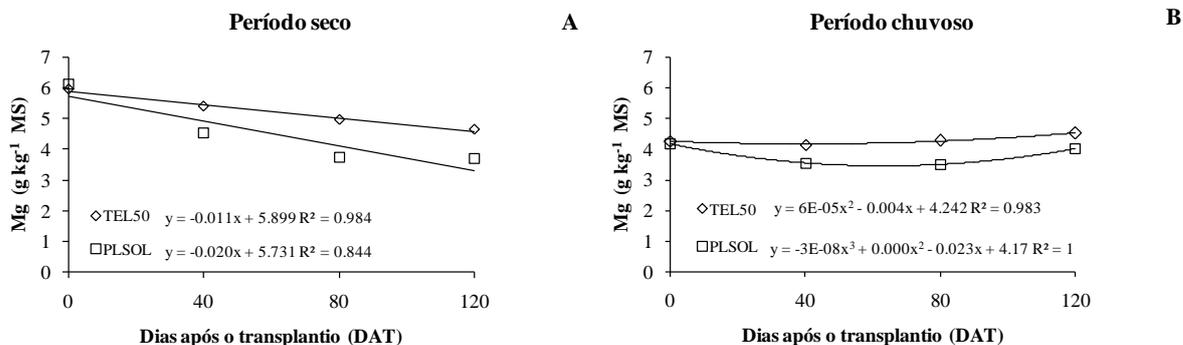
Os resultados encontrados no período seco estão de acordo com os encontrados por Castro et al., (2001), que ao trabalhar com gramíneas em diferentes níveis de sombreamento e sol pleno, verificaram que três das espécies avaliadas (*P. maximum*, *A. gayanus* e *S. spachelata*), quando conduzidas sob sombreamento intenso possuíam os maiores teores de cálcio na fração folhosa, enquanto que as outras três espécies apresentaram maiores teores foliares de cálcio nas plantas conduzidas sob maior intensidade luminosa (*B. brizantha*, *B. decumbens* e *M. minutiflora*)

4.3.5 Magnésio

Para os teores foliares de Mg, observou-se um comportamento variado de acordo com o período de avaliação (Figura 24). Foi verificado um comportamento linear decrescente, com redução de 0,011 g kg⁻¹ MS por dia para as plantas cultivadas sob telado e 0,020 g kg⁻¹ MS por dia para as cultivadas sob pleno sol. Aos 120 DAT, as plantas no mesmo período de avaliação (seco) e cultivadas sob telado apresentaram uma diferença de 0,95 g kg⁻¹ MS a mais, em comparação às do pleno sol. No período chuvoso (Figura 24B), para ambas as condições de luminosidade, observaram-se ajustes

quadráticos, de modo que as plantas cultivadas sob pleno sol, aos 120 DAT apresentaram $0,50 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca a menos que as plantas cultivadas sob o telado.

Figura 24. Teores de magnésio (Mg) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



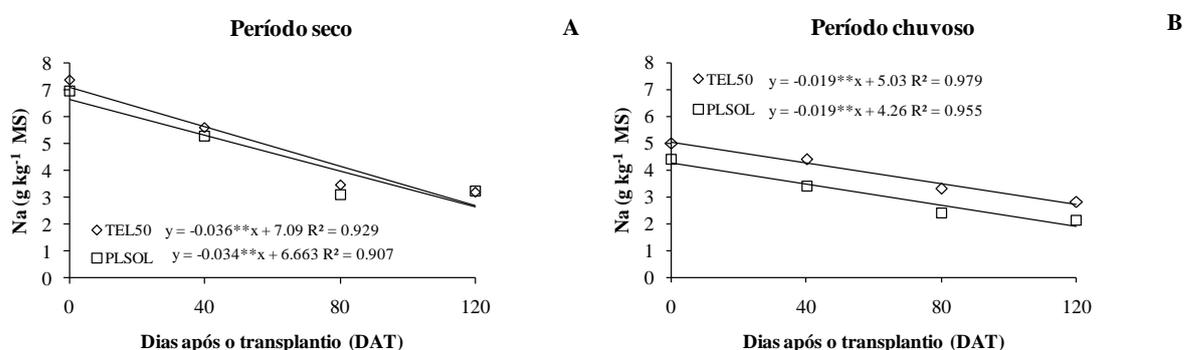
Segundo Aquino (2007), avaliando a produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento, observou que para a cultivar Regina, os maiores teores de magnésio foliares foram encontrados nas plantas cultivadas sob pleno sol. Os autores afirmam ainda que esses resultados, possivelmente, são explicados pelo magnésio estar envolvido em importantes processos fisiológicos, como fotossíntese e respiração, além de ser componente da molécula de clorofila. Porém, no caso do alecrim pimenta, os maiores valores de índice relativo de clorofila (Figura 16) foram encontrados nas plantas cultivadas a ambiente protegido, podendo justificar assim, os maiores teores foliares de magnésio nas plantas do telado.

4.3.6 Sódio

De maneira geral, tanto as plantas cultivadas no período seco (Figura 25A) quanto as cultivadas no período chuvoso (Figura 25B) apresentaram decréscimo no teor de sódio foliar nos dois ambientes (telado e pleno sol) ao longo das avaliações. Para os dois períodos e os dois ambientes de cultivo, houve ajuste para equações lineares decrescentes com uma perda unitária no teor de sódio a cada dia de $0,036 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ (telado) e $0,034 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ (pleno sol), no período seco, e $0,019 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ para as duas

condições de ambiente, no período chuvoso. Comparando-se a primeira avaliação (0 DAT) e a última avaliação (120 DAT) do período seco, houve uma diferença nos teores foliares de sódio de 56,9% para as plantas do telado e 53,8% para as do pleno sol. No período chuvoso, essa diferença foi de 44,0% e 52,2% nas plantas do telado e pleno sol, respectivamente.

Figura 25. Teores de sódio (Na) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



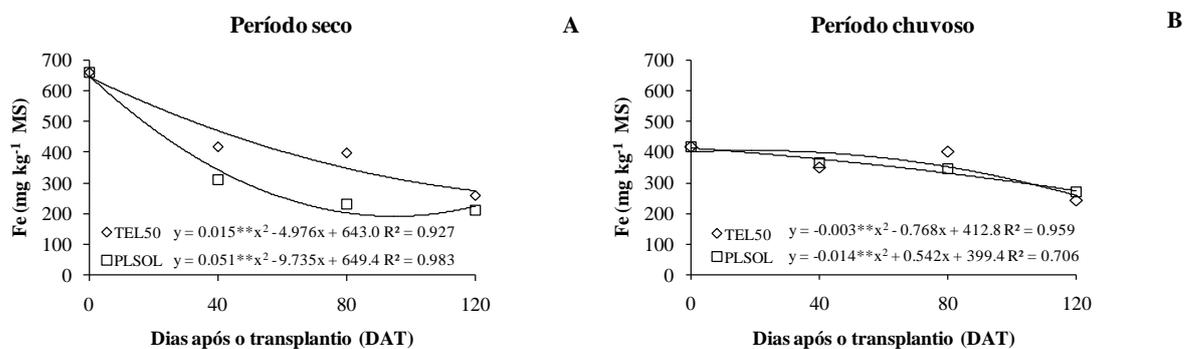
Os resultados encontrados no período chuvoso, em que os teores de Na foliar foram maiores nas plantas submetidas a ambiente telado, estão de acordo com os encontrados por Rossa et al. (2013) que trabalhando com erva-mate em consórcio com eucalipto, sob diferentes níveis de luminosidade aparente (60, 45 e 30%), observaram que os maiores incrementos ocorreram no nível de luminosidade de 45%.

4.3.7 Ferro

Os teores foliares de ferro apresentaram diferenças entre os dois períodos de avaliação (seco e chuvoso). Durante o período seco, os maiores valores foram observados nas plantas cultivadas sob telado, enquanto no período chuvoso, verificou-se valores ligeiramente maiores nas plantas a pleno sol. Para ambos, as plantas na última avaliação mostraram-se com menores teores de ferro que o inicial (0 DAT), com as maiores reduções sendo observadas no período seco. No período seco (Figura 26A), a diferença entre a primeira avaliação e a última foi de 61,2% e 67,8% para plantas

cultivadas sob telado e a pleno sol, respectivamente, e no período chuvoso (Figura 26B) essa diferença foi de 41,7%, para as plantas do telado, e 35,8%, para as plantas a pleno sol. Observou-se ainda que para o primeiro período (seco), os teores de ferro foliar foram diminuindo ao passar das avaliações (0, 40, 80 e 120 DAT), enquanto que no período chuvoso, houve um aumento no teor de ferro nas folhas, apresentando um valor máximo de 409 mg kg⁻¹ MS aos 19 DAT, mas voltou a cair a partir desta avaliação, onde foram encontrados os menores valores.

Figura 26. Teores de ferro (Fe) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



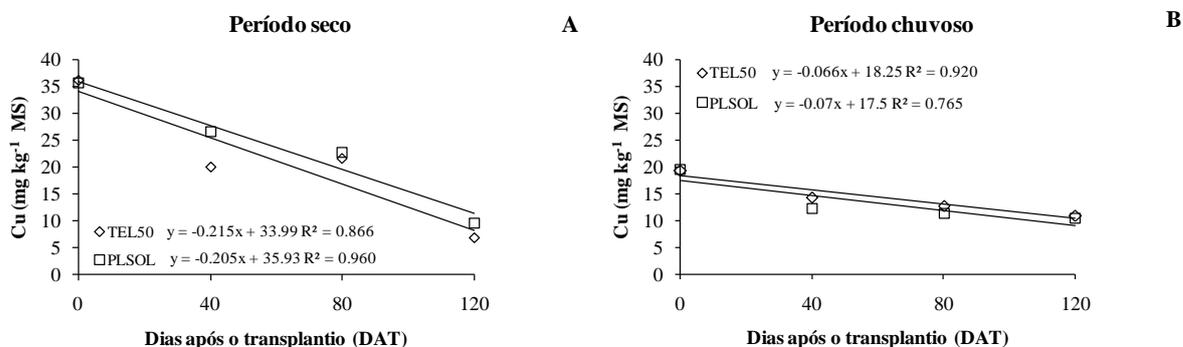
Os resultados deste experimento discordam dos encontrados por Carvalho (1996) que trabalhando com *Cabralea canjerana*, Subsp. *canjerana*, *Calophyllum brasiliense* e *Centrolobium robustum* (VELL.), verificaram que os teores de Fe encontrados na massa seca das folhas aumentaram com o acréscimo da luminosidade.

4.3.8 Cobre

Com relação aos teores de Cu foliar, foram observados comportamentos distintos para as os períodos de avaliação (seco e chuvoso) de acordo com a luminosidade (telado e pleno sol). No período seco (Figura 27A) as plantas que foram submetidas a pleno sol sobressaíram-se as que estavam sob ambiente telado. Já no período chuvoso (Figura 27B), ocorreu o contrário, as plantas do telado apresentaram maiores valores que as submetidas a sol direto. Para o primeiro caso (período seco), em ambas as condições de

luminosidade justou-se uma equação linear decrescente com uma perda unitária de $0,215 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ por dia e $0,205 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ por dia. Para os ambientes telado e pleno sol respectivamente. No período chuvoso, essa perda unitária foi de $0,066 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ por dia para as plantas submetidas a ambiente telado e $0,07 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ por dia para as plantas sob pleno sol.

Figura 27. Teores de cobre (Cu) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



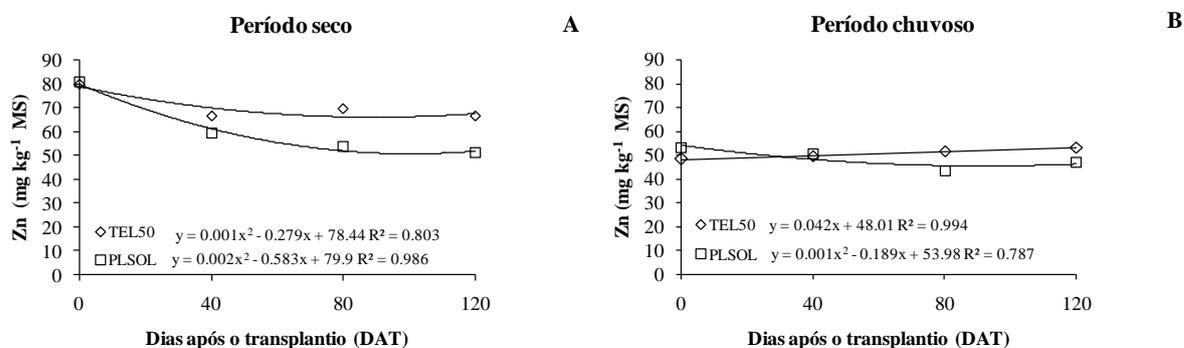
Segundo Rossa (2013), trabalhando com produtividade e compostos foliares de erva-mate sob efeitos de luminosidade e fertilização, observou que na primeira estação de crescimento de 2011, os maiores valores de cobre foliar foram encontrados nos tratamentos sem fertilização e na luminosidade de 45%, o que difere dos resultados encontrados no alecrim pimenta, onde os maiores teores de cobre foram encontrados nas plantas submetidas a sol pleno. Na segunda estação de crescimento 2012, não houve diferença significativa para as luminosidades estudadas (ROSSA, 2013).

4.3.9 Zinco

As plantas cultivadas sob telado mostraram teores foliares de Zn iguais ou superiores aos encontrados nas plantas cultivadas a pleno sol, tanto no período seco como no chuvoso (Figura 28). Ajustou-se uma equação linear crescente para as plantas do telado no período chuvoso (Figura 28B) com um aumento unitário de $0,042 \text{ mg kg}^{-1}$ por dia. Para todos os outros (telado e sol do período seco e pleno sol do período

chuvoso) ajustou-se uma equação quadrática, onde os pontos de máximo foram encontrados aos 0 DAT com um valor de $79,5 \text{ mg kg}^{-1}$, $59,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e $53,2 \text{ mg kg}^{-1}$ para as plantas do telado, pleno sol e as do pleno sol no período chuvoso respectivamente. Comparando-se as plantas do telado no período seco com as do pleno sol, observou-se uma diferença de $15,3 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$. No período chuvoso, as do telado se sobressaíram com uma diferença de $6,2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$.

Figura 28. Teores de zinco (Zn) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



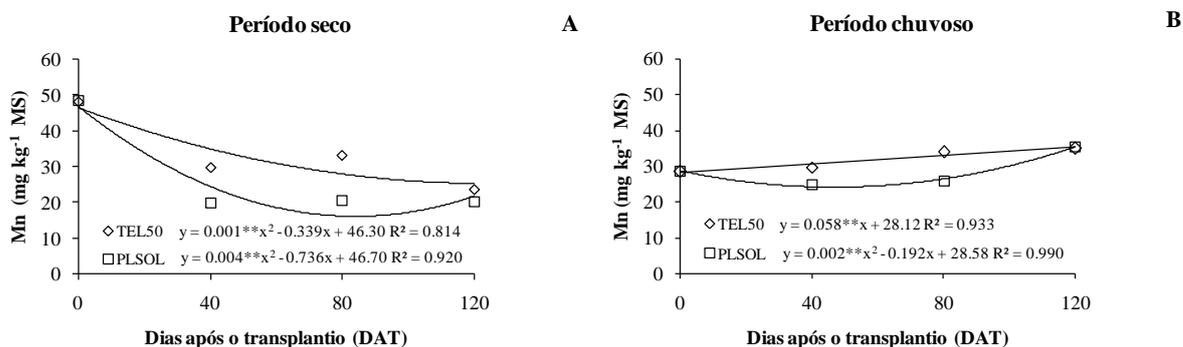
Carvalho (1996) trabalhando com influência de intensidade luminosa e de substrato no crescimento de plantas de araribá-rosa observou que os teores de Zn diminuíram com o acréscimo da luminosidade, resultados que divergem dos encontrados no alecrim pimenta, visto que os maiores teores foliares de zinco foram encontrados nas plantas submetidas a menor luminosidade.

4.3.10 Manganês

Os teores de manganês encontrados nas folhas de alecrim pimenta apresentaram comportamentos diferentes das cultivadas no período seco (Figura 29A) para as cultivadas no período chuvoso (Figura 29B). No período seco, ajustaram-se equações quadráticas de modo que os maiores valores encontrados tanto para as plantas cultivadas no ambiente telado como as cultivadas a pleno sol foram encontrados na primeira avaliação (0 DAT). Para os dois períodos de avaliação, nas duas avaliações intermediárias os valores foram sensivelmente maiores nas plantas sob telado. No

período chuvoso, para as plantas cultivadas a telado, ajustou-se uma equação linear crescente mostrando ganho unitário de $0,058 \text{ mg kg}^{-1}$ de manganês por matéria seca. Neste período de avaliação, os maiores valores foram encontrados aos 120 DAT com $34,84 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ e $35,33 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$, no ambiente pleno sol e telado respectivamente.

Figura 29. Teores de manganês (Mn) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



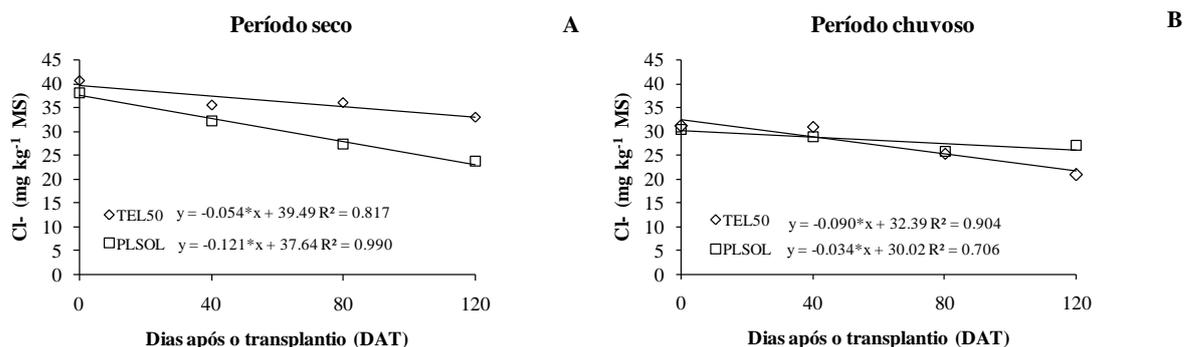
Trabalhando com influência da intensidade luminosa, Carvalho (1996) observou que os teores foliares na massa seca das folhas de araribá-rosa diminuíram com o aumento da luminosidade. Esses resultados corroboram com os encontrados no alecrim pimenta, onde independente do período de avaliação as plantas submetidas a telado apresentaram maiores valores de manganês foliar.

4.3.11 Cloreto

Observando-se os comportamentos das plantas de alecrim pimenta com relação aos teores de cloreto, observou-se de modo geral que para o período seco (Figura 30A), as plantas submetidas a telado apresentaram-se superiores e no período chuvoso (Figura 30B) as cultivadas sob pleno sol apresentaram valores superiores. Para todos os casos ajustaram-se equações lineares decrescentes, com perdas unitárias de $0,05 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ e $0,12 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ (telado e sol) e $0,09 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ e $0,03 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ (telado e sol) para os períodos seco e chuvoso, respectivamente. Observando separadamente os períodos, com relação ao primeiro (seco), as plantas submetidas a telado apresentaram $9,39 \text{ mg}$

kg^{-1} MS a mais que as cultivadas sob pleno sol. No período chuvoso, as plantas submetidas a pleno sol apresentaram $6,15 \text{ mg kg}^{-1}$ de cloreto por matéria seca a mais que as submetidas a ambiente telado.

Figura 30. Teores de cloreto (Cl⁻) em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



Souza et al., (2013) trabalhando com influência de sais no estado nutricional do Noni em dois ambientes com e sem matéria orgânica, observaram que o teor de cloreto nas folhas de Noni no ambiente com restrição parcial de luz mostrou um ganho de 1,8 e 0,6 g/kg, tanto na ausência como na presença de matéria orgânica, respectivamente, quando comparado ao cultivo em pleno sol. Os resultados obtidos com noni estão de acordo com os encontrados no primeiro período do experimento (seco), onde as plantas cultivadas sob sombreamento apresentaram maiores teores de cloreto foliar.

4.4 Solutos orgânicos

Para as concentrações de solutos orgânicos, observou-se que as variáveis foram influenciadas significativamente pelos três fatores isolados (período, luminosidade e tempo), com exceção dos carboidratos solúveis, que não sofreram influência da luminosidade (B) (Tabela 8). Com relação ao efeito conjunto, verificou-se que a interação tripla e todas as interações duplas foram significativas tanto para carboidratos como para N-aminossolúveis.

Tabela 8 – Valores sumarizados da análise de variância para solutos orgânicos : carboidratos solúveis e N-aminossolúveis, em plantas de alecrim pimenta (*Lippiaoriganoides*) submetidas a duas estações (seca e chuvosa), duas condições de luminosidades (telado 50% e pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

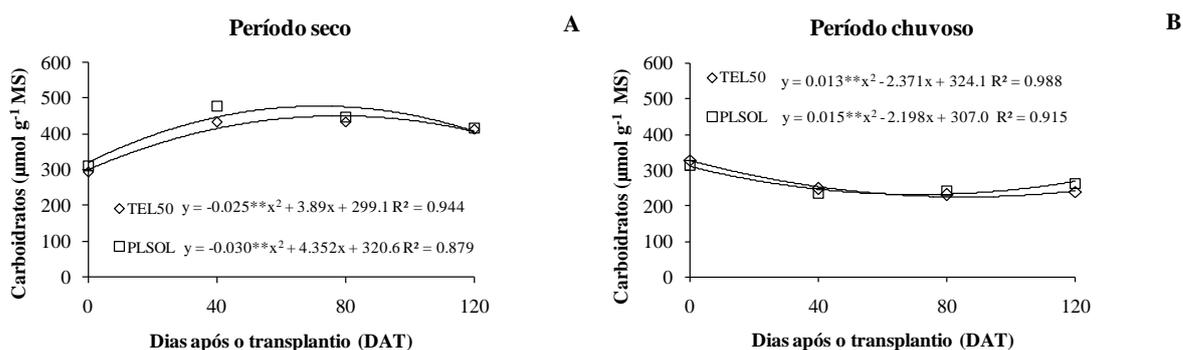
Fontes de Variação	Quadrado Médio		
	GL	Carboidratos Solúveis	N-aminossolúveis
Período (A)	1	340628,6**	1287782,7**
Resíduo (A)	8	513,6	1043,9
Luminosidade (B)	1	6090,9 ^{ns}	1392049,5**
Int. (A x B)	1	57001,1*	692385,7**
Resíduo (B)	8	6424,0	2419,3
Tempo (C)	3	8372,2**	74596,0**
Int. (A x C)	3	26889,8**	25727,6**
Int. (B x C)	3	7753,5*	65357,4**
Int. (A x B x C)	3	46237,6**	23252,1**
Resíduo (C)	48	1885,1	1169,9
CV% (A)		6,94	9,83
CV% (B)		24,56	14,97
CV% (C)		13,30	10,41

** Significativo pelo teste F a 0,01; * Significativo pelo teste F a 0,05; ns – não significativo. CV – coeficiente de variação em percentagem

4.26 Carboidratos solúveis

Verificou-se que para os teores de carboidratos as plantas de alecrim pimenta apresentaram respostas distintas por período (seco e chuvoso). No período chuvoso, tanto as plantas cultivadas sob telado quanto as cultivadas em pleno sol obtiveram respostas positivas até a época de avaliação 77 DAT para as plantas do telado e 72 DAT para as do pleno sol, com um valor máximo de $502,2 \mu\text{mol g}^{-1}$ MS para as plantas cultivadas sob luminosidade de 50%. Após essa época de avaliação a concentração de carboidratos teve um decréscimo ao longo do tempo. No que diz respeito ao período chuvoso, observou-se respostas semelhantes para ambos os cultivos (telado e sol pleno), sendo que na época de avaliação 0 DAT as plantas se encontravam com uma maior concentração de carboidratos e ao decorrer das épocas de avaliação esses teores tiveram um decréscimo, chegando na época de avaliação 80 DAT com uma diminuição cerca de 29,76% para as plantas sob telado e de 22,18% para as plantas em pleno sol. Após a época de coleta 80 DAT as plantas apresentaram um pequeno acréscimo até o fim do experimento (120 DAT), quando os valores foram superiores nas plantas a pleno sol.

Figura 31. Teores de carboidratos solúveis em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

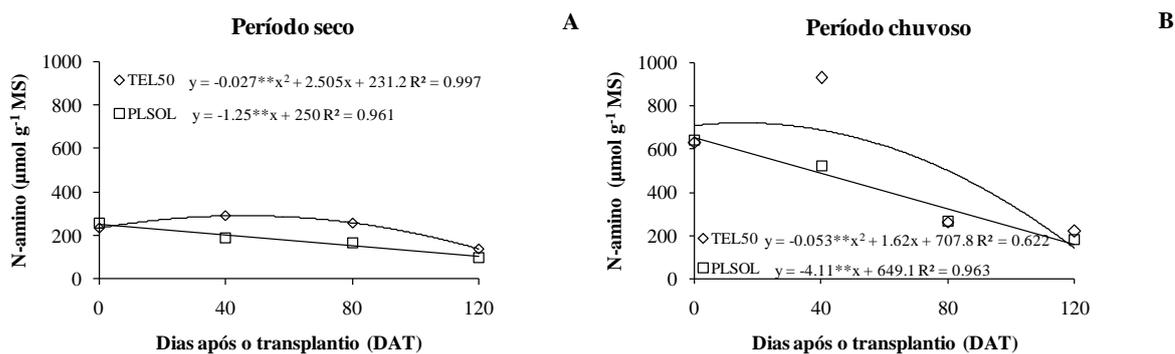


Os resultados encontrados estão de acordo com Freitas (2012) que trabalhando com espécies do gênero *Plectranthus* sob diferentes níveis de salinidade e luminosidade constatou que quando as plantas foram cultivadas em pleno sol tiveram um incremento de 7,71% no teor de carboidratos solúveis entre a CEa de 0,7 e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$.

4.27 N-aminossolúveis

De forma geral, observou-se respostas semelhantes para a concentração de N-aminossolúveis (Figura 32). As plantas cultivadas em pleno sol apresentaram respostas negativas lineares na concentração de N-aminossolúveis ao longo das épocas de avaliação em ambos os períodos (seco e chuvoso), encontrando-se um decréscimo de cerca de 57,77% para o período seco e de 71,96% para a estação chuvosa. Para as plantas cultivadas em telado, ajustou-se uma equação quadrática com pontos de máximo 347 $\mu\text{mol g}^{-1}$ e 733 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS aos 46 e aos 16 DAT para o período seco e chuvoso respectivamente.

Figura 32. Teores de N-aminossolúveis em folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso), duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol) e em épocas diferentes de avaliação (0, 40, 80 e 120 DAT), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014



Esses resultados discordam dos encontrados Souza et al., (2014) por trabalhando com a influência da matéria orgânica e do ambiente no crescimento e acúmulo de solutos em *Morinda citrifolia* submetida à salinidade observaram que o maior acúmulo de N-aminossolúveis se deu nas plantas conduzidas a ambiente telado.

4.5 Rendimento do óleo essencial

Para o rendimento do óleo essencial observou-se que o ambiente de cultivo influenciou na quantificação do mesmo, de modo que as plantas submetidas a maiores luminosidades (pleno sol), durante o período seco, apresentaram um rendimento maior de óleo que as que estavam em ambiente telado. É importante ressaltar que a produção de folhas foi ligeiramente superior nas plantas sob telado (Figura 9), aos 120 DAT, o que pode compensar parcialmente essa diferença. Os resultados observados no período chuvoso mostram similaridade entre os ambientes de cultivo, tanto em termos de biomassa foliar (Figura 9) quanto em termos de rendimento de óleo essencial (Tabela 9).

Tabela 9. Rendimento do óleo essencial de folhas de alecrim pimenta (*Lippia origanoides*) submetidas a dois períodos (seco e chuvoso) e duas condições de luminosidade (telado 50% e a pleno sol), cultivadas no Maciço de Baturité, CE, 2014

Período Seco (2013)		Período Chuvoso (2014)	
Telado	Pleno Sol	Telado	Pleno Sol
(mL g ⁻¹)		(mL g ⁻¹)	
1,51	2,02	1,46	1,52

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Souza et al. (2007) que trabalhando com a influência do sombreamento na produção de fitomassa e óleo essencial em alecrim pimenta verificaram que as plantas submetidas a luz plena apresentaram maiores rendimentos que as que estavam submetidas ao sombreamento progressivo com tela tipo sombrite (75%, 50% e 25%), foram obtidos 0,48 mL g⁻¹ para as plantas a sol pleno e 0,27 mL g⁻¹, 0,21 mL g⁻¹ e 0,03 mL g⁻¹ para as luminosidades 25, 50 e 75% respectivamente. Trabalhando com produção de folhas, óleo essencial e anatomia foliar quantitativa de *Lippia alba* em diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita, Ventrella (2000), verificou que luminosidade intensa durante o desenvolvimento de folhas de *L. alba* possibilitaria uma atividade fotossintética mais eficiente, indicada por maiores produções de biomassa e de óleo essencial, para essa variedade de *Lippia* foram obtidos 0,35, 0,20, 0,20 e 0,17 mL kg⁻¹ para as luminosidades de 0, 30, 50 e 70% respectivamente. Da mesma forma, em *Anethum graveolens* (Halva et al., 1992), *Thymus vulgaris* (Li et al., 1996) e *Matricaria chamomilla* (Saleh, 1973) o

aumento na produção de óleo essencial também está condicionado ao aumento da luminosidade durante o cultivo.

5. CONCLUSÕES

O alecrim pimenta se desenvolve bem na região do Maciço de Baturité, com produtividades de biomassa e de óleo essencial similares às observadas em outros estudos.

O cultivo em telado alterou o padrão de desenvolvimento do alecrim pimenta, resultando em plantas com melhor aparência geral, mais altas, com folhas maiores, maior área foliar específica, menor desenvolvimento do sistema radicular e menor relação raiz/parte aérea, independente da época de cultivo.

A produção de biomassa seca de folhas e total não diferiu entre os dois ambientes após 120 dias cultivo, independentemente do período do ano;

Houve forte influência do ambiente de cultivo no período seco, sobre a condutância estomática e a transpiração, com os valores sendo menores no ambiente pleno sol, sugerindo a sensibilidade estomática da espécie às condições atmosféricas do período.

As plantas cultivadas em telado apresentaram, de forma geral, maiores teores de nutrientes minerais e de compostos nitrogenados (N-aminossolúveis), em comparação às plantas submetidas a pleno sol, independente da época de cultivo.

REFERÊNCIAS

- AASAMAA, K.; SÖBER, A. Stomatal sensitivities to changes in leaf water potential, air humidity, CO₂ concentration and light intensity, and the effect of abscisic acid on the sensitivities in six temperate deciduous tree species. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, NLD, v.71, p.72-78, 2011.
- AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.22, n. 1, p. 43-51, 2004.
- ALMEIDA, F. M.; COLOMBO, C. A.; SIQUEIRA, W. J. Produção e rendimento de óleo essencial de *Lippia alba* químiótipo linalol em função de duas épocas de colheita. **Anais**.In: 6º CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Jaguariúna, SP. p. 1-8, 2012.
- ALVES, G. S.; SANTOS D.; SILVA, J. A.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v.31, p.661-665, 2009.
- ANDRADE, E. M.; SOUZA, I. H.; SILVA, E. L. Análise dos custos fixos de um sistema de irrigação localizada por gravidade-bubbler. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 33, n. 1, p. 64-69, 2002.
- AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; ABAURRE, M. E. O.; CECON, P. R.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; CASTRO, M. R. S. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p. 381-386, 2007.
- ATROCH, E. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata*. Submetidas as diferentes condições de sombreamento. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, p. 853-862, 2001.
- BAETHGEN, W. E.; ALLEY, M. M. A manual colorimetric procedure for measuring ammonium nitrogen in soil and plant Kjeldahl digest. **Community Soil Science and Plant Anals**, v. 20, n. 9/10, p. 961-969, 1989.
- BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, p.: 237-241, 2011.
- BATISTA, Atmam Campelo et al. Produção de biomassa e teor de óleo essencial de plantas de óleo eletrico (*Piper callosum* Ruiz &Pav.) em diferentes níveis de luminosidade nas condições de Manaus-AM. **Horticultura brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, 2012.

BERNARDO, E. R. A.; BETTIOL, W. Controle da pinta preta dos frutos cítricos em cultivo orgânico com agentes de biocontrole e produtos alternativos. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v.35, p.37- 42, 2010.

BERTINI, M. L.; PEREIRA, A. F.; OLIVEIRA, C. J. L.; MENEZES, E. A.; MORAIS, S. M.; CUNHA, F. A.; CAVALCANTI, E. S. B. Perfil de sensibilidade de bactérias frente a óleo essenciais de algumas plantas do nordeste do Brasil. **Infarma**, Brasília, DF, v.17, n.3/4, p.80-2, 2005.

BRANT, R. S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n.5, p.1401-1407, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos**. Brasília: Ministério da Saúde, p. 60, 2006.

BENINCASA, M. M. P. **Análise do crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ANDRADE, A. C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um subbosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicais**, Cali, COL, v. 17, p.24-30. 1995.

CARVALHO, P. E. R. Influência da intensidade luminosa e do substrato no crescimento, no conteúdo de clorofila e na fotossíntese de *Cabralea canjerana* (VELL.) MART. SUBSP. *canjerana*, *Calophyllum* brasiliense CAMB. E *Centrolobium robustum* (VELL.) MART. EX BENTH. na fase juvenil. 173f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal), - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

CASCARDO, J. C. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; SOARES, A. M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, SP, v.5, n. 1, p. 31-34. 1993.

CASTRO, C. E.; RIBEIRO, J. M.; DINIZ, T. T.; ALMEIDA, A. C.; FERREIRA, L. C.; MARTINS, E. R.; DUARTE, E. R. Antimicrobial activity of *Lippia sidoides* Cham. (Verbenaceae) essential oil against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. **Rev. Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v.13, n.3, p.293-297, 2011.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M. FREITAS, V. P. Efeitos do Sombreamento na Composição Mineral de Gramíneas Forrageiras Tropicais. **Revista brasileira de zootecnia**, Brasília, DF, v.30, p.1959-1968, 2001

CATALDO, D.A. *et al.* Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Reino Unido, UK, v.6, p.71-80, 1975.

CAVALCANTE, I.M.S.M. et al. Potencial Mutagênico (Teste de micronúcleos) e composição química dos óleos essenciais de *Lippia sidoides* e *Lippia origanoides*. In: 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Fortaleza-CE, **Anais...**Fortaleza: Adaltech Soluções para eventos, 2009. Disponível em: <sec.s bq.org.br/cdrom/32ra/resumos/T0627-2.pdf>. Acesso em: 09/12/2014.

CAVALCANTE, L. F. et al. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.32, n.1, p.251-261, 2010.

CHAGAS, J. H; RIBEIRO, A. S; PINTO, J. E. B. P; BERTOLUCCI, S. K. V; BOTREL, P. P; COSTA, A. G. Análises foliares em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivada sob diferentes malhas e níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.28, p. 464-471, 2010.

CHANG X, ALDERSON PG, WRIGHT CJ. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. **Environ Exp. Bot** v.63, p.: 216-223. 2008

CLARK, R. B. Effect of light and water stress on mineral element composition of plants. *J. Plant Nut.*, 3(5):853-885. 1981

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management** , Amsterdam, NLD, v. 80, p. 245-255, 1996.

COSTA, G. F.; MARENCO R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, Manaus, Am, v.37, p.229-234, 2007.

DANTAS, Valente; ALMEIDA, Cilene Chaves. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v38n1/v38n1a02>>. Acesso em 08 de Dez. de 2014.

DENG, Y.; LI, C.; SHAO, Q.; YE, X.; SHE, J. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: I. Photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, NLD, v.55, p. 93-102, 2012.

DIDAN, K.; REYNOLDS, C.; YITAYEW, M. **Bubbler version 1.1**. Users manual. Agricultural Experimental Station, University of Arizona, p.33, 1995.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, P. C.; MARTINEZ, C. A. Efeição de condições de estresse em plantas e potencial para “screening” em milho através da fluorescência da clorofila. In: 45ª Reunião Técnica Anual do Milho e 28ª

Reunião Técnica Anual do Sorgo, 2000. Pelotas – RS. **Anais**, (Embrapa Clima Temperado, Documento 70).

ESCOBAR, P.; LEAL, S. M.; HERRERA, L. V.; MARTINEZ, J. R.; STASHENKO, E. Chemical composition and antiprotozoal activities of Colombian *Lippia* spp essential oils and their major components. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, RJ, v. 105, n. 6, p. 184-190, 2010.

FAUSEY, B.A. et al. Daily light integral affects flowering and quality of greenhouse-grown *Achillea*, *Gaura* and *Lavandula*. **HortScience**, Virginia, USA, v.40, n.1, p.114-118, 2005.

FARIAS, E. M. F. G.; XIMENES, R. M.; MAGALHÃES, L. P. M.; CHIAPETA, A. A.; SENA, K. X. F. R.; ALBUQUERQUE, J. F. C. Antifungal activity of *Lippia sidoides* Cham. (Verbenaceae) against clinical isolates of *Candida* species. **Journal of Herbal Medicine**, Amsterdam, NLD, v. 2, p. 63-67, 2012.

FARIAS-JUNIOR, P. A.; RIOS, M. C.; MOURA, T. A.; ALMEIDA, R. P.; ALVES, P. B.; BLANK, A. F.; FERNANDES, R. P. M.; SCHER, R. Leishmanicidal activity of carvacrol-rich essential oil from *Lippia sidoides* Cham. **Biology Research**, v. 45, p. 399-402, 2012.

FIGUEIREDO, P. G; TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v.5, p.1-4, 2010

FREIRE, M. F. I. Plantas medicinais: a importância do saber cultivar. **Rev. Cient. Elet. Agron.** Ano III, ed. 5, p.1-9, 2004.

FREITAS, M. A. C. et al. CRESCIMENTO de *plectranthus grandis* sob estresse salino e condições de luminosidade. Disponível em: <<http://www.inovagri.org.br/meeting2012/wp-content/uploads/2012/06/Protocolo267.pdf>>. Acesso em 08 de Dez. 2014.

FREITAS, Maria Auxiliadora Conceição de. **CRESCIMENTO, trocas gasosas e acúmulo de solutos em três espécies do gênero *plectranthus* sob diferentes níveis de salinidade e luminosidade**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v. 76, p. 371-374, 1984.

GARCÍA-BARRIAGA, H. Flora Medicinal de Colombia. **Botánica Médica** Tomo Bogotá, Colombia, p. 537. 1992

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: A whole – plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, AUS, n.15, p.63-92, 1988.

GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L. A.; LACERDA, C. F. GOMES FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.4, p.365–370, 2011

GOMES, S. V. F.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S. Aspectos químicos e biológicos do gênero *Lippia* enfatizando *Lippia gracilis* Schauer. **Eclética Química**, Araraquara, SP, v. 36, n. 1, p. 64-77, 2011.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. ; GUIMARÃES, D. G.; BERNARDES, R. S. Análise dos Transientes da Fluorescência da Clorofila *a* de Plantas Jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazônica**, Manaus, AM, v.40, p.89-98, 2010.

GOVAERTS, R. & ATKINS, S. **World Checklist of Verbenaceae**. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em:
<http://apps.kew.org/wcsp/synonymy.do?name_id=113656> Acesso em: 09/12/2014

GREGORIOU, K., PONTIKIS, K., VEMMOS, S. Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (*Olea europaea* L.). **Photosynthetica**. v. 45, p. 172–181. 2007

GUIMARÃES, A. G.; GOMES, S. V. F.; MORAES, V. R. S.; NOGUEIRA, P. C. L.; FERREIRA, A. G.; BLANK, A. F.; SANTOS, A. D. C.; VIANA, M. D.; SILVA, G. H.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J. Phytochemical characterization and antinociceptive effect of *Lippia gracilis* Schauer. **Journal of Natural Medicines**, New York, USA, v. 66, p. 428-434, 2012.

HALVA, S., CRAKER, L.E., SIMON, J.E., CHARLES, D.J. Light levels, growth and essential oil in dill (*Anethum graveolens* L.). **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, v.1, p.47-57, 1992.

HATANO, V. Y.; TORRICELLI, A. S.; GIASSI, A. C. C.; COSLOPE, L.A.; VIANA, M. B. Anxiolytic effects of repeated treatment with an essential oil from *Lippia alba* and (R)-(-)-carvone in the elevated T-maze. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 45, n. 3, p. 179-290, 2012.

HUANG, W. D., WU, L. K., ZHAN, J. C. Growth and photosynthesis adaptation of dwarf-type Chinese cherry (*Prunus pseudocerasus* L. cv. Laiyang) leaves to weak light stress. **Sci. Agr. Sin**, Amsterdam, NLD, v.37, p. 981–985. 2004

JANZEN, D. H. **Ecologia vegetal nos trópicos**. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária, 1980.

LACERDA, C. F.; CARVALHO, C. M. de; VIEIRA, M. R.; NOBRE, J. G. A.; NEVES, A. L. R.; RODRIGUES, C. F. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, PE, v.5, n.1, p.18-24, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Sao Carlos, Rima, 2000. 531p.

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

LENHARD, Nádia Regina et al. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, GO, v. 43, n. 2, p. 178-186, 2013.

LI, Y., CRAKER, L.E., POTTER, T. Effect of light level on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgaris*). In: PROCEEDINGS INT. SYMP. MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS, 1996, Amherst. **Acta Horticulturae**, n. 426, p.419-426.1996

LIMA JUNIOR, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; Oliveira, H. M. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.35, p.1092-1097, 2005.

LIMA, M. A. O. ; MIELKE, M. S.; LAVINSKY, A. O. ; FRANCA, S.; Almeida, Alex-Alan F. de; GOMES, F. P. Crescimento e plasticidade fenotípica de tres especies arboreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. **Scientia Forestalis** (IPEF), Piracicaba, SP, v. 38, p. 527-534, 2010.

LIMA, M. C.; AMARANTE, L.; MARIOT, M. P.; SERPA, R. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em *Achillea millefolium* L. cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.41, n.1, p.45-50, 2011.

LOBO, P.L.D.; CARVALHO, C.B.M.; NASCIMENTO, D.F.; FONSECA, S.G.C.; JAMACARU, F.V.F.; MORAES, M.E.A. Dose–response evaluation of a novel essential oil against Mutans streptococci in vivo. **Phytomedicine**, Amsterdam, NLD, v. 18, n. 7, p. 551-556, 2011.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 544p.

LUZ, J. M. Q.; SILVA, S. M.; HABBER, L. L.; MARQUEZ, M. O. M. Produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, SP, v.16, n.3, p.552-560, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**. Piracicaba, SP, 1989. 201p.

MARCOS FILHO, JULIO MARCOS FILHO. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Fealq, 2005.

MARTUSCELLO, J. A., JANK, L., GONTIJO-NETO, M.M., LAURA, V.A. & CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, DF, v. 38, n.7, p.1183-1190, 2009.

MEDEIROS, D. C. DE; LIMA, B. A. B. DE; BARBOSA, M. R.; ANJOS, R. S. B. DOS; BORGES, R. D.; CAVALCANTE NETO, J. G.; MARQUES, L. F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.25, p.433-436, 2007.

MELO, M. T. P.; CARVALHO JÚNIOR, W. G. O.; SOUZA, M. F.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Produção de fitomassa e teor de óleo essencial de folhas de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v.13, n.2, p.230-234, 2011.

MIRALLES, J.; MARTINEZ-SANCHEZ; J. J.; FRANCO, J. A. Rhamnus alaternus growth under four simulated shade environments: Morphological, anatomical and physiological responses. **Scientia Horticulturae** v.127, p. 562–570, 2011.

MIYAZAWA, Y.; TATSUYA, S.; KIKUZAWA, K.; OTSUKI, K. The light environment, morphology and growth of the early successional tree species *Litsea citriodora*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NLD, v. 236 p. 251–258, 2006.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31 p.

NOGUEIRA, M. A.; DIAZ, G.; SAKUMO, L. Caracterização química e atividade biológica do óleo essencial de *Lippia alba* cultivada no Paraná. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, Araraquara, SP, v. 28, n. 3, p. 273 - 278, 2007.

OLIVEIRA, D. R.; LEITÃO, G. G.; BIZZO, H. R.; LOPES, D.; ALVIANO, D. S.; ALVIANO, C. S.; LEITÃO, S. G. Chemical and antimicrobial analyses of essential oil of *Lippia origanoides* H.B.K. **Food Chemistry**, v. 101, p. 236–240, 2007.

OLIVEIRA, M. I. et al. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisiavulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínia, SP, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009.

OLIVEIRA, M. I.; CASTRO, E. M.; COSTA, L. C. B.; PINTO, J. E. B. P.; AMARAL, T. A. Crescimento e teor de óleo essencial de plantas jovens de *Artemisia vulgaris* submetidas a diferentes condições de radiação. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu, Brasil, p.3. 2007.

PAEZ A, GEBRE GM, GONZALEZ ME, TSCHAPLINSKI TJ. Growth, soluble carbohydrates and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. **Environ Exp Bot** . v. 44, p. 133-139. 2000

PANDELÓ, D.; MELO, T. D.; SINGULANI, J. L.; GUEDES, F. A. F.; MACHADO, M. A.; COELHO, C. M.; VICCINI, L. F.; SANTOS, M. O. Oil production at different stages of leaf development in *Lippia alba*. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 22, n. 3, p. 497-501, 2012.

PASCUAL, M. E.; SLOWING, K.; CARRETERO, E.; MATA, D. S.; VILLAR, A. Lippia: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 76, p. 201–214, 2001.

PATIL, N. M. Biofertilizer effect on growth, protein and carbohydrate content in stevia rebaudiana var bertonii. **Recent Research in Science and Technology**, v.2, p.42-44, 2010.

PENTEADO, S. R. **Adubação Orgânica**: Compostos orgânicos e biofertilizantes. 2.ed. Campinas: Edição do autor, 2007.162p.

PEREIRA, S. L. S.; PRAXEDES, Y. C. M.; BASTOS, T. C.; ALENCAR, P. N. B.; COSTA, F. N. Clinical effect of a gel containing Lippia sidoides on plaque and gingivitis control. **European Journal of Dentistry**, v. 7, p. 28-34, 2013.

PINTO, J. E. B. P.; CARDOSO, J. C. W.; CASTRO, E. M.; BERTOLUCCI, S. K; MELO, L. A; DOUSSEAU, S. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.25, p.210-214, 2007.

RABELO, R.G., VITÓRIA, A.P., SILVA, M.V.A., CRUZ, R.A., PINHO, E.I.B., RODRIGUES, D.R., FREITAS, A.V., CUNHA, M. Structural and ecophysiological adaptations to Forest gaps. **Trees**, New York, USA, v.27: 259-272. 2013.

RAVEN, J. A. Action spectra for photosynthesis and light stimulated ion transport processes in *Hydrodictyon africanum*. *New Phytologist*, 68(1):45-62. 1969

RAVEN, P. R.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**, 6ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**, 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.858p.

REIS ES; PINTO JEBP; BERTOLUCCI SKV; CORREA RM; PAULA JR; ANDRADE ST; FERRI PH. Seasonal variation in essential oils of *Lychnophora pinaster* Mart. **Journal of Essential Oil Research**, Messina, Italy, v. 22, n. 2, p. 147-149. 2010

REYNOLDS, C. A. **Design and evaluation of bubbler irrigation systems**. Master's Thesis (Biosystem Agricultural Engineering)-University of Arizona, Tucson, p.134, 1993.

REYNOLDS, C.; YITAYEW, M.; PETERSEN, M. Low-head bubbler irrigation systems. Part I Design. **Agricultural Water Management**. Tucson, Arizona, n.29, p.1-4, mar. 1995.

RODRIGUES, A. C.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, A. P. DE; SOUSA, J. T. DE; MESQUITA, F. O. Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante supermagro e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.13, p.117-124, 2009.

- ROSSA, U. B. Produtividade e compostos foliares de erva-mate sob efeitos de luminosidade e fertilização. 207f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- SALEH, M. Effects of light upon quantity and quality of Matricaria chamomilla oil. **Planta Medica**, Canada, US, v.24, n.4, p.337-40, 1973
- SALES, J. F. et al. Acúmulo de massa, teor foliar de nutrientes e rendimento de óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marruboides* Epl.) cultivado sob adubação orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v.25, n.1, p.60-68, 2009.
- SANCHES, M. C; MIELKE, M. S.; Souza, C. S. D. ; VIEIRA, A. J. D. ; LOPES, M. M. M ;SILVA JUNIOR, M. B. Morfologia foliar de indivíduos jovens e adultos de *Caesalpinia echinata* Lam. numa floresta semidecídua do Sul da Bahia. **Revista Árvore** Viçosa, MG, v. 33, p. 885-893, 2009.
- SANGLARD, L. M. V.; REIS, J. V.; PEREIRA, L. F.; CAVATTE, P. C.; MATTA, F. M. VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 22 a 25 de Agosto de 2011, Araxá - MG
- SANTOS, H.S. et al. Cytotoxic Naphthoquinones from Roots of *Lippia microphylla* Cham. **Verlag der Zeitschrift für Naturforschung**, Berlim, DEU, v. 58, p. 5117-5120, 2003.
- SCHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-mansão cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.18, n.1, p.3–9, 2014.
- SEARLE, S. Y.; THOMAS, S.; GRIFFIN, K. L.; HORTON, T.; KORNFELD, A.; YAKIR, D.; HURRY, V.; TURNBULL, M. H. Leaf respiration and alternative oxidase in field-grown alpine grasses respond to natural changes in temperature and light. **New Phytologist**, v.189, p.1027-1039, 2011.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; JACOB, L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.18, n.6, p.588–594, 2014.
- SILVA, F. G.; PINTO, J. E. B. P.; CARDOSO, M. G.; NASCIMENTO, E. A.; NELSON, D. L.; SALES, J. F.; MOL, D. J. S. Influence of radiation level on plant growth, yield and quality of essential oil in carqueja. **Cien Agrotecnol** . v. 30, p.52-57. 2006
- SILVA, N. A.; OLIVEIRA, F. F.; COSTA, L. C. B.; BIZZO, H. R.; OLIVEIRA, R. A. Caracterização química do óleo essencial da erva cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.) cultivada em Ilhéus na Bahia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínia, SP, v. 8, n. 3, p. 52-55, 2006.

SMITH, F. A. Metabolic effects on ion fluxes in *Tolypella intricata*. *J. Exp. Botany*, 19(3):442-451. 1968

SOUZA, A., DE PAULA, A. C. C. F. F., FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Effects of irradiance on non-structural carbohydrates, growth and hypoglycemic activity of *Rhynchelytrum repens* (Willd) C. E. Hubb. (Poaceae). **Brazilian Journal of Biology**, Rio Verde, GO, v.64, n.3B, p.697-706, 2004.

SOUZA, M. F.; GOMES, P. A.; SOUZA JUNIOR, I. T.; FONSECA, M. M.; SIQUEIRA, C. S.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Influência do sombreamento na produção de fitomassa e óleo essencial em alecrim-pimenta (*lippia sidoides* cham.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, RS, v. 5, supl. 2, p. 108-110, jul. 2007

SOUZA, C. D. DE; FERNANDES, D. P.; BARROSO, M. R.; PORTES, T. A. Transpiração de espécies típicas do cerrado medida por transpirômetro de equilíbrio e porômetro. **Cerne**, Lavras, MG, v.17, p.509-515, 2011

SOUZA, G. S. et al. Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em alfavaca cultivada sob malhas coloridas e adubação fosfatada. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, GO, v.7, n.13; p. 208, 2011.

SOUZA, G. S. et al. 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, 2013.

SOUZA, G. S. et al. Rendimento de biomassa de plantas de erva-cidreira (*Melissa officinalis*L.) cultivada sob diferentes ambientes de luz e doses de fósforo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia**, v.8, n.15; p. 1516, 2012. Disponível em:<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/rendimento.pdf>>. Acesso em 08 de Dez. de 2014.

SOUZA, M. C. R.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; MENEZES, A. S. Influência da matéria orgânica e do ambiente no crescimento e acúmulo de solutos em *Morinda citrifolia* submetida à salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, vol. 36, n. 3, p. 704-712, 2014

SOUZA, M. C. M. R.; LACERDA, C. F.; MENEZES, A. S.; SANTOS, C. K. G.; ARAÚJO FILHO, J. C.; RIBEIRO, A. A. Influência de sais no estado nutricional do Noni em dois ambientes com e sem matéria orgânica. **Anais... XXXIV Congresso brasileiro de ciência do solo**. Florianópolis, Santa Catarina, 2013

STASHENKO, E. E.; MARTÍNEZ, J. R.; RUÍZ, C. A.; ARIAS, G.; DURÁN, C.; SALGAR, W.; CALA, M. *Lippia origanoides* chemotype differentiation based on essential oil GC-MS and principal component analysis. **J. Sep. Sci.** v. 33, p. 93-103, 2010.

SULTAN, S.E. Promising directions in plant phenotypic plasticity. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution e Systematics*. v. 6, n.4, p. 277-283. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, Porto Alegre, ARTMED. 4º ed., 2013, 719p

TAVARES ES; JULIÃO LS; LOPES D; BIZZO HR; LAGE CLS; LEITÃO SG. 2005. Análise do óleo essencial de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. cultivados em condições semelhantes. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 15 (1): 1-5, 2005.

TELES, S.; PEREIRA, J. A.; OLIVEIRA, L. M.; MALHEIRO, R.; MACHADO, S. S.; LUCCHESI, A. M.; SILVA, F. Organic and mineral fertilization influence on biomass and essential oil production, composition and antioxidant activity of *Lippia origanoides* **Industrial Crops and Products**. v. 59, p. 169-176, 2014

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology and Systematics** v.39, p. 237-257. 2008

VENTRELLA, M. C. Produção de folhas, óleo essencial e anatomia foliar quantitativa de *lippia alba* (mill.) n. e. br. (verbenaceae) em diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. 95f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.

VICUÑA, G. C.; STASHENKO, E. E.; FUENTES, J. L. Chemical composition of the *Lippiaoriganoides* essential oils and their antigenotoxicity against bleomycin-induced DNA damage. **Fitoterapia** v. 81, p. 343–349, 2010.

VIEIRA, T.O., LAGE-PINTO, F., RIBEIRO, D.R., ALENCAR, T.S., VITÓRIA, A.P. Estresse luminoso em plântulas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*, Lecythidaceae): monitoramento da capacidade de aclimação fotossintética sob dias intensidades luminosas. **Vértices**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n.3, p.129-142, 2012.

WEI, S.L., WANG, W.Q., CHEN, X.H., QIN, S.Y., CHEN, X.T. Studies on the shade-endurance capacity of *Glycyrrhiza uralensis*. *China J. Chin. Mater. Med.* v. 30, p.100–104. 2005

WELANDER, N. T.; OTTOSSON, B. The influence of low light, drought and fertilization on transpiration and growth in young seedlings of *Quercus robur* L. **Forest Ecology and Management**, v. 127, n. 1/3, p. 139-151, 2000.

WILSON, D., COOPER, J.P., 1969. Effect of light intensity during grown on leaf anatomy and subsequent light-saturated photosynthesis among contrasting *Lolium* genotypes. **New Phytol.** v. 68, p. 1125–1135.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.

ZANELLA, F. SONCELA, R.; LIMA, A. L. S. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/ RO. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p.880-884. 2006

ZAVALA, J. A., RAVETTA, D. A. Allocation of photoassimilates to biomass, resin and carbohydrates in *Grindelia chilensis* as affected by light intensity. **Field Crop Res.** v. 69, p. 143–149. 2001

ZHAN, J. C., WANG, L. J., HUANG, W. D. Effects of low light environment on the growth and Photosynthetic characteristics of grape leaves. *J. China Agr. U.* v. 7, p.75–78. 2002

ZHANG, S.; XU, H. K.; LI, Z.; YANG, Y. Flexible and reversible responses to different irradiance levels during photosynthetic acclimation of *Cypripedium guttatum*. **Journal of Plant Physiology**, n.164, p. 611-620, 2007.