

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR NORTE – RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA -
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**EFEITO DO SOMBREAMENTO E DA VARIAÇÃO
ESTACIONAL SOBRE O CRESCIMENTO E
PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL
EM *Aloysia triphylla***

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nádia Regina Volpatto Menegat

Frederico Westphalen, RS, Brasil.

2013

**EFEITO DO SOMBREAMENTO E DA VARIAÇÃO
ESTACIONAL SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE
ÓLEO ESSENCIAL EM *Aloysia triphylla*.**

Nádia Regina Volpatto Menegat

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia.**

Orientadora: Prof^a Dr^a Denise Schmidt

Frederico Westphalen, RS, Brasil.

2013

Menegat, Nadia R. V., 1980-

Efeito do sombreamento e da variação estacional sobre o crescimento e produção de óleo essencial em *Aloysia triphylla*

Nádia Regina Volpatto Menegat. – 2013

66 f.; 30 cm

Orientadora: Denise Schmidt

Coorientador: Velci Queiróz de Souza

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós-graduação em Agronomia-Agricultura e Ambiente, RS, 2013.

2013

Todos os direitos autorais reservados a Nadia Regina Volpatto Menegat. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço eletrônico: nadiavolpatto@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Educação Superior Norte – RS
Programa de Pós-graduação em Agronomia -
Agricultura e Ambiente**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a dissertação de Mestrado

**EFEITO DO SOMBREAMENTO E DA VARIAÇÃO ESTACIONAL
SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM
*Aloysia triphylla***

elaborado por
Nádia Regina Volpatto Menegat

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Denise Schmidt, Profª Drª (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Braulio Otomar Caron, Prof. Dr. (UFSM)

Durval Dourado Neto, Prof. Dr. (ESALQ/USP)

Frederico Westphalen, 13 de agosto de 2013.

**Aos meus pais,
Maria Salete e Nelso,
Pela vida, pelo incentivo e orações,
Ao meu esposo Paulo,
pela paciência e compreensão
Aos meus filhos Érica Lúcia e Gustavo,
pelo carinho e amor incondicional.**

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me concedido a vida e força para batalhar pelos meus ideais.

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente (PPGAAA), pela oportunidade de realizar o Mestrado em um curso de Pós-Graduação público, gratuito e de qualidade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Prof^a Dr^a Denise Schmidt, pela oportunidade, orientação, dedicação, sugestões e pelas sábias palavras que concretizaram este trabalho. Ao Prof. Dr. Braulio O. Caron e Prof. Dr. Velci Q. de Souza, pelo incentivo e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais professores do PPGAAA que contribuíram para a minha formação acadêmica e profissional.

Aos colegas e amigos que auxiliaram na realização dos trabalhos: Aline B., Francisco D.N., Daiane P., Ivan C., Maicon N., Rafael C., Carlos B., Monica A., e em especial Camila Mariani que esteve presente do início ao fim das atividades. Obrigada pela paciência, pela amizade, seriedade, responsabilidade e contribuições para a conclusão da pesquisa.

A todos os integrantes da minha família, que compreenderam minha ausência em muitos momentos, inclusive nas reuniões familiares.

Em especial aos meus pais, Maria Salete e Nelso, pela vida e por acreditarem em mim, pelas orações e incentivo. Ao meu esposo Paulo e meus filhos Érica Lúcia e Gustavo, pela paciência e compreensão, por suportarem a minha ausência e pelo amor incondicional em todos os momentos.

A todos, **Muito Obrigada!**

"Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim."

(Chico Xavier)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Santa Maria

EFEITO DO SOMBREAMENTO E DA VARIAÇÃO ESTACIONAL SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM *Aloysia triphylla*

AUTOR: NADIA REGINA VOLPATTO MENEGAT

ORIENTADORA: Dr^a DENISE SCHMIDT

Frederico Westphalen, RS 13 de agosto de 2013.

O presente trabalho foi implantado com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de planta de *Aloysia triphylla* e a produção de óleo essencial nas quatro estações do ano. O experimento foi instalado na Universidade Federal de Santa Maria - Campus de Frederico Westphalen, de agosto de 2011 a dezembro de 2012. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema bifatorial com três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%) e quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera). Para análise de crescimento foi realizada coleta quinzenal de plantas e para extração do óleo essencial foi utilizado material fresco, utilizando-se aparelho Clevenger modificado. Para todas as variáveis analisadas observou-se maior crescimento, produção, rendimento e teor de óleo essencial na estação do verão, seguido pela primavera, podendo, nestas estações ser realizado o cultivo da *Aloysia triphylla* em ambientes com 30% e 50% de sombreamento. O outono e inverno apresentaram baixo crescimento de planta e produção de óleo essencial e o sombreamento diminuiu ainda mais o incremento e rendimento da planta.

Palavras-chave: Cidró. Luminosidade. Estação do ano. Planta aromática.

ABSTRACT

Master's Thesis
Postgraduate Program in Agronomy – Agriculture and Environment
Federal University of Santa Maria

EFFECT OF SHADING AND SEASONAL VARIATION ON GROWTH AND PRODUCTION OF ESSENTIAL OIL IN *Aloysia triphylla*

AUTHOR: NADIA REGINA VOLPATTO MENEGAT

ADVISOR: Dr. DENISE SCHMIDT

Frederico Westphalen, RS, August 13th, 2013.

The following study was implemented in order to evaluate the effects of different shading levels on the growth and development of *Aloysia triphylla* plant and the production of essential oil in the four seasons of the year. The experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria – Campus of Frederico Westphalen, from August 2011 to December 2012. The experimental design was a randomized block design in a factorial scheme with three shading levels (0%, 30% and 50%) and four seasons of the year (summer, autumn, winter and spring). For growth analysis, plants were collected every fortnight. The essential oil was extracted from fresh plant material by steam distillation process, using the modified Clevenger apparatus at the end of each season. For all analyzed variables, it was observed higher growth, production, yield and essential oil content in the season of summer, followed by spring, showing that, in these seasons, the cultivation of *Aloysia triphylla* may be possible in environments with 30% and 50% shading. Autumn and winter showed low plant growth and essential oil production, and shading decreased further the increase and plant yield.

Keywords: Cidró. Brightness. Seasons of the year. Aromatic plant.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

- Tabela 1** - Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca de folhas (MSF), massa seca de ramos (MSR), índice de área Foliar (IAF) e altura de planta em *Aloysia triphylla*, cultivada em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.....23
- Tabela 2** - Média da massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de ramos (MFR), massa seca de ramos (MSR), rendimento de folhas (Rend), altura (ALT), e índice de área foliar (IAF) de *Aloysia triphylla*, das coletas realizadas no final de cada estação. Frederico Westphalen, RS, 201223

ARTIGO II

- Tabela 1**- Resumo da análise de variância para as variáveis massas fresca de folhas (MFF), rendimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla*. Frederico Westphalen, RS, 2012.....47
- Tabela 2** - Média de massa fresca de folhas (MFF), rendimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 201247

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

- Figura 1-** Plantas de *Aloysia triphylla* submetida a diferentes níveis de sombreamento. Frederico Westphalen, RS, 2012.....20
- Figura 2-** Variações da radiação solar global incidente (Rg) e temperatura média registradas nas diferentes estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.....22
- Figura 3-** Produção de massa seca de folhas (MSF) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes épocas de coleta. Frederico Westphalen, RS, 2012.26
- Figura 4-** Produção de massa seca de folhas (MSF) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes níveis de sombreamento. Frederico Westphalen, RS, 2012.....27
- Figura 5-** Produção de massa seca de ramos (MSR) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano, em diferentes épocas de coleta. Frederico Westphalen, RS, 2012.29
- Figura 6-** Produção de massa seca de ramos (MSR) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes níveis de sombreamento. Frederico Westphalen, RS, 2012.....30
- Figura 7-** Altura de planta de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes épocas de coletas. Frederico Westphalen, RS, 2012.31
- Figura 8-** Altura de planta de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e com diferentes níveis de sombreamento. Frederico Westphalen, RS, 2012.....32
- Figura 9-** Índice de área foliar (IAF) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes épocas de coleta. Frederico Westphalen, RS, 2012.....33
- Figura 10-** Índice de área foliar (IAF) de *Aloysia triphylla* cultivada em diferentes níveis de sombreamento e épocas de coletas. Frederico Westphalen, RS, 2012.34

ARTIGO II

Figura 1- Produção de mudas de <i>Aloysia triphylla</i> em ambiente protegido. Frederico Westphalen, RS, 2011.....	44
Figura 2 - Extração de óleo essencial de <i>Aloysia triphylla</i> utilizando clevenger modificado. Frederico Westphalen, RS, 2012	45
Figura 3- Variações da radiação solar global incidente (Rg) e temperatura média registradas nas diferentes estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.	46
Figura 4 - Rendimento de óleo essencial por planta de <i>Aloysia triphylla</i> , cultivada em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.....	50
Figura 5 - Rendimento de óleo essencial por área de <i>Aloysia triphylla</i> , cultivada em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012	52
Figura 6 - Teor de óleo essencial de <i>Aloysia triphylla</i> , cultivada em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 ARTIGO I.....	16
AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DE <i>Aloysia triphylla</i> SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.	16
2.1 Resumo	16
2.2 Abstract.....	17
2.3 Introdução.....	18
2.4 Material e Métodos	19
2.5 Resultados e Discussão	21
2.6 Conclusão	35
2.7 Referências Bibliográficas	36
3 ARTIGO II.....	40
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM <i>Aloysia triphylla</i> SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.	40
3.1 Resumo	40
3.2 Abstract.....	41
3.3 Introdução.....	42
3.4 Material e Métodos	43
3.5 Resultados e Discussão	46
3.6 Conclusão	54
3.7 Referências Bibliográficas	55
4 DISCUSSÃO	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

As plantas aromáticas vêm sendo estudadas cada vez mais pelos pesquisadores, devido a sua utilização pela indústria farmacêutica, interessada em desenvolver novos medicamentos. Cerca de 30% dos medicamentos disponíveis para a terapêutica, são derivados das plantas (CALIXTO; SIQUEIRA, 2008). Além disso, as plantas aromáticas também são utilizadas pela indústria de cosméticos e química, ampliando a utilização do óleo essencial e conseqüentemente a produção das plantas aromáticas (SANGWAN et al., 2001).

A espécie medicinal *Aloysia triphylla* é conhecida popularmente como erva-luiza e cidró, pertence à família Lamiaceae que compreende cerca de 100 gêneros, distribuídos nas regiões tropical e subtropical de todo o mundo e cultivada no Sul do Brasil. A espécie possui porte arbustivo de 2 a 3 metros de altura, muito ramificada e ereta. A flor é muito pequena, branca ou púrpura clara disposta em inflorescências tipo panícula, localizada no ápice do caule e ramos (CAVASSIN et al., 2000). Possui folhas cor verde-claro, inseridas em grupos de três ou quatro folhas em cada nó do caule. Têm um forte e persistente aroma e sabor de limão (MUÑOZ, 1987).

Aloysia triphylla apresenta importantes atividades farmacológicas e aromáticas. Identificada como erva adstringente, é rica em óleo volátil que age como sedativo brando (LORENZI; MATOS, 2008). O óleo essencial extraído da planta possui grande utilização no mercado e detém grande valor econômico. As folhas são a matéria prima para as indústrias e possuem tricomas glandulares peltados e capitados que são responsáveis pela produção do óleo essencial. Estas estruturas estão localizadas na superfície foliar e, portanto, há facilidade de volatilização do óleo, uma vez que a planta está sob influência de fatores ambientais de cultivo (SUAREZ et al., 2003). Esses fatores afetam o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois estão relacionados diretamente ao metabolismo primário das plantas (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O metabolismo das plantas é modificado quando genótipos idênticos são submetidos a condições ambientais diferentes. Entre os diversos fatores ambientais que influenciam o crescimento de planta e rendimento de óleo essencial pode-se

citar a intensidade da radiação luminosa e temperatura (PAEZ et al., 2000; CORRÊA JÚNIOR; SCHEFFER, 2009; GOBBONETO; LOPES, 2007; LIMA et al., 2003).

A radiação luminosa afeta a fotossíntese e, conseqüentemente a estatura das plantas, produção de fitomassa de folhas, ramos e área foliar. Em relação à alocação de biomassa para a parte aérea da planta, na forma de ramos e folhas verifica-se que sob baixa intensidade de radiação luminosa, a maioria das espécies tende a aumentar a área de absorção de luz, alocando mais biomassa para as folhas para maior captação da radiação (GIVINISH, 1988).

Quando a luminosidade atinge valores elevados pode levar a planta a fotoinibição e, por outro lado, a baixa luminosidade pode reduzir as taxas fotossintéticas e assim também, reduzir o ganho de carbono pela planta afetando o acúmulo de fitomassa, o crescimento de planta e, conseqüentemente a produção dos metabólitos secundários. As plantas adaptadas a ambiente com irradiância plena tendem a desenvolver mecanismos para minimizar danos causados pelo excesso de irradiância, da mesma forma que as plantas de ambientes sombreados apresentam estratégias para maximizar a captura da luz e conseguir alcançar maior ganho de carbono (VALLADARES et al., 1998). A diminuição do metabolismo primário na planta conseqüentemente, faz com que a produção de óleo essencial seja também influenciada dentro da planta (OLIVEIRA et al., 2007).

A temperatura condiciona a instalação de determinada espécie em uma região, e é um fator limitante. Assim, quanto à temperatura, a presença de uma espécie em dado local está relacionada a duas condições: primeiro as temperaturas extremas devem permitir a sobrevivência e, segundo, as variações diárias e anuais devem assegurar o crescimento e reprodução. Cada espécie tem suas exigências próprias em relação à ação da temperatura em seu metabolismo. A temperatura do ar influencia o crescimento das plantas e, conseqüentemente a produção de metabólitos secundários como o óleo essencial de plantas aromáticas (TAVEIRA et al., 2003).

Os valores de temperatura do ar e radiação solar global variam continuamente ao longo do dia, do ano e também com a latitude. Assim, regiões temperadas, de classificação climática Cfa, possuem estações bem definidas durante o ano, por suas características geográficas e climatológicas, apresentam verões e primaveras com temperaturas e níveis de radiação superiores às estações do outono e inverno. A temperatura média do mês mais quente situa-se acima de

22°C e do mês mais frio acima de 3°C. Nestas regiões as chuvas são bem distribuídas ao longo dos 12 meses do ano, e assim, as plantas cultivadas tendem a se desenvolver de forma diferenciada para cada época do ano. Conhecer o melhor período de cultivo de cada espécie e, conseqüentemente qual a época que expressa seu maior potencial produtivo é de fundamental importância para se obter plantas com maior crescimento e rendimento.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a produção de óleo essencial de *Aloysia triphylla*, em função de diferentes níveis de sombreamento e nas quatro estações do ano.

2 ARTIGO I

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DE *Aloysia triphylla* SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO

2.1 Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de *Aloysia triphylla* em diferentes níveis de sombreamento crescidas a pleno sol, com 30% e 50% de redução da radiação solar incidente, nas quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera). O experimento foi conduzido de agosto de 2011 a dezembro de 2012, instalado a campo na Universidade Federal de Santa Maria - Campus de Frederico Westphalen, RS. As coletas das plantas foram realizadas de forma quinzenal e distribuídas dentro das quatro estações do ano. O maior crescimento e produção de *Aloysia triphylla* foi verificado no verão, seguido pela primavera. No outono e no inverno as plantas apresentaram baixo crescimento. O sombreamento não alterou o crescimento de plantas no verão, mas diminuiu a produção nas demais estações.

Palavras-chave: Cidrô. Radiação. Épocas. Planta aromática.

2 PAPER I

EVALUATION OF GROWTH AND PRODUCTION OF *Aloysia triphylla* UNDER DIFFERENT LEVELS OF SHADING IN THE FOUR SEASONS OF THE YEAR

2.2 Abstract

The aim of this study was to evaluate the growth of *Aloysia triphylla* at different levels of shading grown in full sun, with 30% and 50% reduction of incident solar radiation, during the four seasons of the year. The experiment was conducted from August 2011 to December 2012, installed in a field at the Federal University of Santa Maria – Campus of Frederico Westphalen, RS. The harvests were carried out in a fortnight and distributed in the four seasons of the year (summer, autumn, winter and spring). The highest growth and production of *Aloysia triphylla* was observed during summer, followed by spring. In autumn and winter the plants showed low growth. Shading did not alter the growth of plants in the summer, but decreased production in other seasons.

Keywords: Cidró. Radiance. Seasons. Aromatic plant.

2.3 Introdução

Aloysia triphylla pertence à família Lamiaceae, que possui mais de 100 gêneros distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. A planta é classificada como erva adstringente e aromática, rica em óleo volátil, que age como sedativo brando. Para extração do óleo essencial são utilizadas as folhas da planta que contêm os princípios ativos importantes para as indústrias. O interesse econômico da *Aloysia triphylla*, deve-se principalmente pela exploração comercial do óleo essencial, que possui alto valor de mercado pela sua utilização em diversos ramos industriais, com destaque nas indústrias farmacêuticas e de perfumaria. As folhas da planta estão inseridas em nós do caule, em grupos de três ou quatro. Além disso, a planta apresenta crescimento arbustivo, chegando a ter uma estatura de planta de até 3 metros.

As plantas possuem crescimento e desenvolvimento em respostas às condições a que estão submetidas, dadas por fatores intrínsecos e extrínsecos. Destes fatores podemos citar os fatores genéticos, fisiológicos, fitotécnicos e ecológico (SIMÕES et al., 1999; MARTINS et al., 2000; MORVILLO; GIL, 2004). Entre os fatores ambientais que influenciam diretamente o desenvolvimento das plantas, podemos citar a radiação solar e a temperatura. Quando esses fatores estão abaixo ou acima das condições requeridas pelas plantas, podem reduzir o vigor da mesma e diminuir seu crescimento. Portanto, o crescimento e desenvolvimento das plantas podem ser modificados pela utilização de diferentes níveis de sombreamento, alterando e limitando a produtividade. A diferença na intensidade de radiação solar incidente no dossel vegetativo influencia o acúmulo de fitomassa, a produção de biomassa seca, estatura de planta e índice de área foliar (COCKSHULL et al., 1992).

As condições adversas de temperatura podem influenciar o acúmulo de fitomassa, estatura de planta e área foliar. Plantas que apresentam sensibilidade às temperaturas baixas, tendem a perder suas folhas e senescer principalmente em condições de geadas. Da mesma forma, altas temperaturas, além da requerida pela planta, podem causar mudanças no seu crescimento, pois ocorre aumento das atividades metabólicas a fim de manter a temperatura ideal da planta.

As regiões temperadas apresentam grande amplitude térmica anual, caracterizada por invernos frios e verões quentes, influenciado por sistemas atmosféricos de latitudes médias e elevadas (ANDRADE, 1972). À medida que se aproxima o inverno os valores médios de radiação solar global vão decrescendo, atingindo valores inferiores ao limite trófico para culturas de verão (BURIOL et al., 2000). Desta forma, as plantas que se adaptam as estações quentes tendem a restringir seu crescimento fora desta condição ambiental. Identificar qual é a melhor época de cultivo de *Aloysia triphylla*, e qual condição de sombreamento é favorável para aumentar seu crescimento vegetativo é de fundamental importância, pois as folhas das plantas são a matéria prima de grande valor comercial e que vão para as indústrias para obtenção do óleo essencial.

Desta forma o presente trabalho teve por objetivo estudar o crescimento de *Aloysia triphylla*, cultivada em diferentes níveis de sombreamento nas quatro estações do ano.

2.4 Material e Métodos

O experimento foi instalado a campo na Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, localizado na latitude 27° 23'26" S; longitude 53° 25'43" e altitude 461,3m, no município de Frederico Westphalen – RS, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012.

O clima da região, segundo classificação climática de Koppen, é do tipo Cfa, com estações bem definidas durante todo ano, com temperatura do mês mais quente superior a 22°C e do mês menos quente é superior a 3°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo dos 12 meses do ano (MORENO, 1961).

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema bifatorial 3x4, com três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%) e quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera).

As mudas de *Aloysia triphylla* foram produzidas a partir do enraizamento de estacas com 15 a 20 cm de comprimento, retiradas de ramos sadios e cultivadas em bandejas com 96 tubetes de tamanho médio, preenchidos com mistura de substrato

comercial mais vermiculita. As estacas foram colocadas em ambiente protegido, com irrigação por aspersão, até atingirem tamanho para transplante (Figura 1).



Figura 1. Plantas de *Aloysia triphylla* submetida a diferentes níveis de sombreamento. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Após o enraizamento, as mudas foram transferidas para os canteiros definitivos, conforme cada tratamento. O solo utilizado no experimento foi Latossolo Vermelho – Distroférico. O espaçamento utilizado foi de 1,0 m entre linhas, 0,8 m entre plantas e de 2,0 m entre blocos.

A produção de mudas ocorreu a partir de agosto de 2011 e o transplante foi realizado em 23 de novembro de 2011.

Os níveis de sombreamento as quais as plantas permaneceram foi fornecido pelo uso de malha de polietileno preta (sombrite), que controla a passagem da radiação solar, proporcionando 0%, 30% e 50% de sombreamento.

As coletas das plantas foram realizadas quinzenalmente a partir do início da estação do verão em dezembro de 2011 com término de coleta no fim da estação da primavera em dezembro de 2012. As coletas das plantas iniciaram na estação do verão, sendo que, as mesmas plantas coletadas na estação do verão, após rebrote, foram coletadas no mesmo período da próxima estação e assim, sucessivamente.

Após as coletas das plantas, separou-se os ramos e as folhas das mesmas para pesagem da massa fresca. Posteriormente este material foi levado para a estufa de circulação de ar até obtenção de peso constante para obtenção da massa seca. Nas coletas foram avaliados altura de planta, índice de área foliar, produção de massa fresca e seca de folhas e ramos.

Os dados de radiação e temperatura utilizados foram obtidos na estação meteorológica, localizada a 50 m do local do experimento.

Os dados obtidos do experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F e aplicado teste de Tukey para fatores qualitativos e análise de regressão para fatores quantitativos.

2.5 Resultados e Discussão

Os dados médios da temperatura e da radiação solar global incidente, observados de dezembro de 2011 a dezembro de 2012 evidenciaram variações de seus valores para as quatro estações do ano. Na Figura 3, observam-se as oscilações da radiação solar global incidente e temperatura média, no decorrer das estações do ano.

A estação do verão apresentou radiação solar global incidente com variações de 9,7 à 12,2 MJ m⁻² dia⁻¹ e a temperatura média manteve-se entre 20,0°C a 25,8°C. A estação do outono iniciou com radiação solar global próximas a 9 MJ m⁻² dia⁻¹ e, no final do período estacional a radiação solar global foi de 4,5 MJ m⁻² dia⁻¹. Nesta estação a temperatura média variou entre 13°C e 20°C.

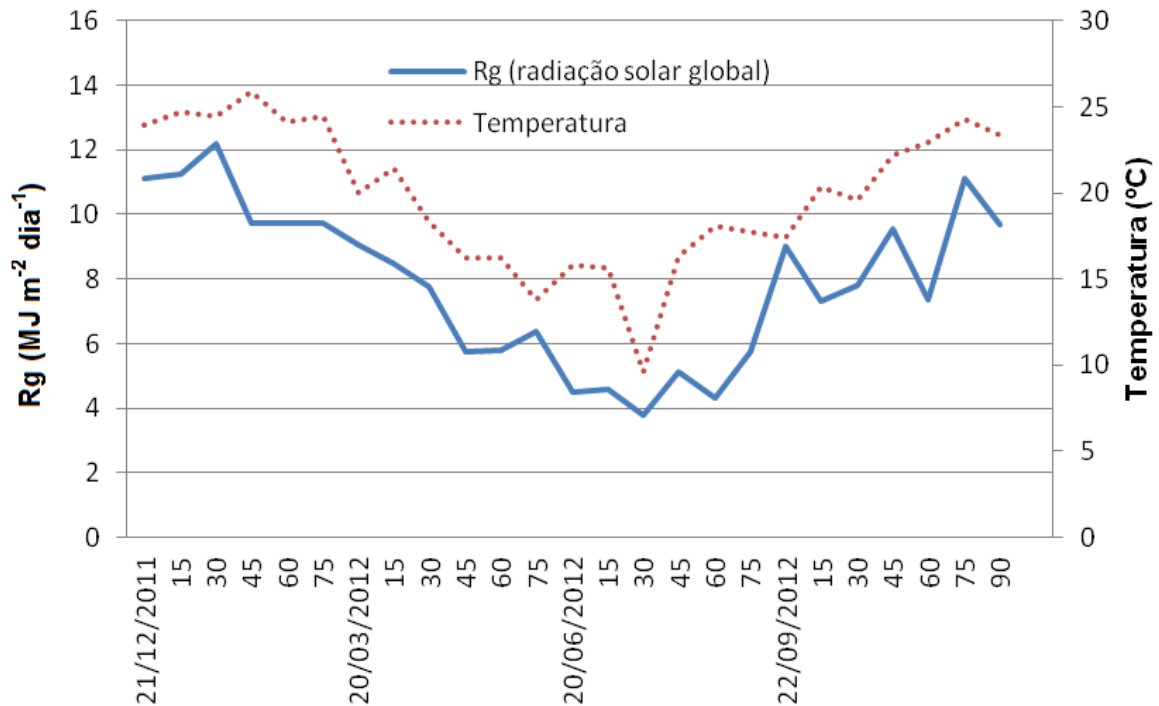


Figura 2. Variações da radiação solar global incidente (Rg) e temperatura média registradas nas diferentes estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.

O inverno apresentou radiação solar global incidente, com variações de 5,7 a 3,8 MJ m⁻² dia⁻¹ e as temperaturas médias variaram entre 9,5°C a 18,1°C. A primavera apresentou radiação solar global oscilando entre 7,3 a 11,0 MJ m⁻² dia⁻¹ e a temperatura média oscilou de 17,4°C a 24,3°C. Segundo a classificação climática de Koppen, o clima Cfa se caracteriza por apresentar a temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C. No final do outono e no início do inverno, houve ocorrência de geadas.

As comparações das variáveis de crescimento apresentaram diferença significativa nos fatores avaliados. No resumo da análise da variância observa-se que apenas índice de área foliar de *Aloysia triphylla*, coletados em diferentes sombreamentos, apresentou desempenho semelhante entre os tratamentos analisados, havendo interação com estação do ano e épocas de coletas e entre épocas de coletas e sombreamento. Os dados médios da massa seca de folhas e ramos e altura de planta apresentaram interação tripla entre os fatores, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca de folhas (MSF), massa seca de ramos (MSR), índice de área foliar (IAF) e altura de planta em *Aloysia triphylla*, cultivada em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Fator Variação	Quadrado Médio			
	MSF	MSR	IAF	Altura
Estação	14053,27*	7636,08*	794,46*	40709,86*
Época	9562,91*	5568,18*	434,74*	19511,67*
Estação*Época	2062,26*	1375,44*	136,46*	1984,20*
Sombra	1655,14*	1414,24*	7,52	61,66
Estação*Sombra	498,21*	515,06*	10,01	128,48
Época*Sombra	156,10	346,42*	10,22*	289,11*
Estação*Época*Sombra	198,27*	280,07*	4,21	284,75*
CV(%)	38,87	35,26	37,75	10,70

* Significativo a 5% pelo teste F.

Os dados médios da massa fresca e seca de folhas, massa fresca e seca de ramos, altura e índice de área foliar de *Aloysia triphylla* coletados nas quatro estações do ano, apresentaram desempenho diferenciado entre as variáveis analisadas (Tabela 2).

Tabela 2. Média da massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de ramos (MFR), massa seca de ramos (MSR), altura (ALT) e índice de área foliar (IAF) de *Aloysia triphylla* em coletas realizadas no final de cada estação. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Estação	MFF (g planta ⁻¹)	MSF (g planta ⁻¹)	MFR (g planta ⁻¹)	MSR (g planta ⁻¹)	ALT (cm)	IAF (%)
Verão	319,3a	97,6a	205,5a	69,8a	136,7a	2,6a
Outono	92,6c	28,1c	43,8c	18,6c	118,6b	0,7c
Inverno	28,3d	10,3d	19,3d	8,1d	72,1c	0,3d
Primavera	177,9b	59,1b	112,4b	44,5b	129,5ab	1,2b
CV(%)	25,56	28,59	29,34	21,83	21,18	22,13

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

A estação do verão apresentou crescimento significativamente superior às demais estações para todas as variáveis analisadas, sendo que não diferiu da primavera somente para altura de planta. Após o verão, a primavera foi a estação com maior crescimento das plantas, não diferindo da altura de plantas do outono. O inverno apresentou crescimento menor de plantas, sendo significativamente inferior às demais estações para as variáveis massa fresca e seca de folhas e ramos e altura de planta (Tabela 2).

Com relação à massa fresca e seca de folhas e ramos a maior produção foi observada na estação do verão, onde ocorreram os maiores valores de temperatura (entre 20,0°C a 25,9°C) e radiação solar global incidente (entre 9,1 a 12,1 MJ m⁻² dia⁻¹) (Tabela 2). A primavera, com temperatura de 17°C a 24,3°C e radiação solar global incidente entre 7,3 MJ m⁻² dia⁻¹ e 11,1 MJ m⁻² dia⁻¹, apresentou produção inferior ao verão e superior ao outono e inverno. No outono houve declínio da temperatura média e radiação solar global incidente durante todo período estacional (21,4°C para 13,8°C e de 8,4 MJ m⁻² dia⁻¹ para 4,5 MJ m⁻² dia⁻¹). Esse declínio da temperatura e radiação provocou a queda de folhas, e no final da estação, com a ocorrência de geadas, a produção de folhas diminuiu. O inverno apresentou menor incremento de massa fresca e seca de folhas e ramos em relação às demais estações, sendo que, a radiação solar global incidente nesta estação manteve-se baixa até 75 dias após início da estação, oscilando de 3,8 MJ m⁻² dia⁻¹ a 5,7 MJ m⁻² dia⁻¹, com aumento da radiação no final da estação para 9,0 MJ m⁻² dia⁻¹. A temperatura média no inverno oscilou de 9,6°C a 18,1°C, com temperatura menores verificadas até 30 dias após o início da estação onde houve ocorrência de geadas. Paulus et al. (2013), estudando *Aloysia triphylla* no estado do Paraná, verificaram que nos meses de maio e junho, estação de outono-inverno, houve queda de temperaturas (16,9°C para 14,5°C) e de radiação (596,5 kJ m⁻² para 496,8 kJ m⁻²). Nesses meses, foram observados queda e baixo incremento de folhas de *Aloysia triphylla*, decorrentes dos fatores ambientais adversos. No mês de julho, em decorrência de geadas, a perdas de folhas foi de aproximadamente 100%.

A produção de massa fresca pela planta em relação às necessidades de cada espécie é diversificada, sendo que a elevada radiação solar favorece uma fotossíntese elevada, propiciando maior incremento de massa fresca de folhas e

ramos. A fotossíntese diminuída causa a diminuição desse incremento (VOGELMANN et al., 1996; SMITH et al., 1997).

O baixo incremento de folhas e ramos nas estações do outono e inverno demonstram que, com a ocorrência de baixas temperaturas e, também de geadas, a planta entra em dormência, não ocorrendo emissão de novas folhas e ramos nestas condições (TAIZ; ZEIGEL, 2013). Castro et al. (2001), estudando o efeito das estações do ano associada à época de colheita na produção de massa fresca de folhas de *Lippia alba*, observaram resultados semelhantes, onde os cortes realizados nas estações do verão e primavera atingiram as maiores produções, sendo que os menores valores de fitomassa foram obtidos no corte realizado no inverno.

Com relação à altura de plantas, observou-se maior estatura no verão não diferindo significativamente da primavera. O outono apresentou estatura de plantas menor que o verão, porém, semelhante à altura das plantas na primavera. O inverno apresentou menor estatura de plantas, sendo estatisticamente inferior às demais estações (Tabela 2). Assim, verifica-se que as plantas apresentaram maior altura nas condições ambientais que propiciaram maior desenvolvimento de parte aérea, com maior ramificação e produção de folhas, mostrando que em condições de elevada radiação solar e temperatura, aumentaram também o crescimento em altura das plantas.

O índice de área foliar observado apresentou diferença significativa entre as quatro estações do ano. Verifica-se que o índice de área foliar na estação de verão foi significativamente superior as demais estações. Na primavera, o índice de área foliar foi estatisticamente superior ao outono e inverno, sendo que o inverno foi significativamente inferior as demais estações. O menor incremento do índice de área foliar no outono e inverno, foi decorrente da queda de folhas ocorrida a partir da metade do outono e das geadas ocorridas no final do outono e início do inverno. Paulus et al. (2013), verificaram perda total das folhas de *Aloysia triphylla* no inverno, após ocorrência de geadas.

Na Figura 3 observa-se o resultado da interação estações do ano e épocas de coleta para massa seca de folhas. Para massa seca de folhas o crescimento no decorrer das coletas apresentou tendência semelhante entre as estações do verão, outono e primavera até a metade das estações. A partir daí as estações do verão e

primavera continuaram acumulando massa seca, sendo que no final das coletas, o verão apresentou produção 20% superior à primavera.

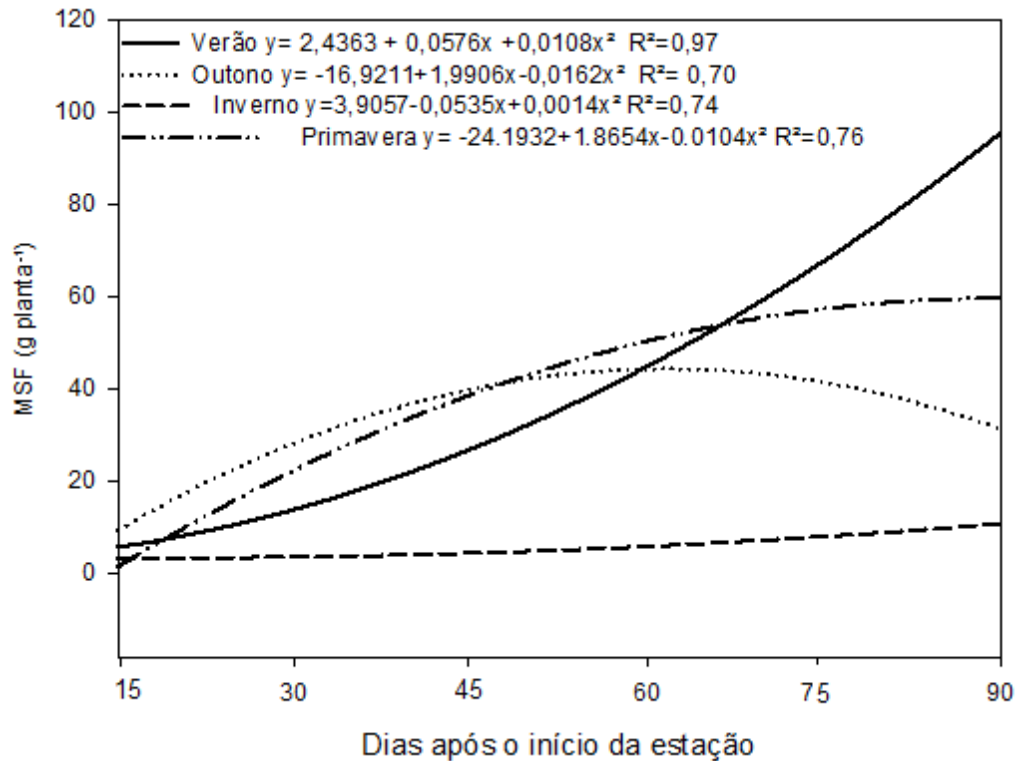


Figura 3. Produção de massa seca de folhas (MSF) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes épocas de coleta. Frederico Westphalen, RS, 2012.

No decorrer da estação do outono houve declínio do nível de radiação solar global incidente de $7,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para $5,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e da temperatura média de 18°C para 16°C , o que resultou em queda de produção e estagnação do crescimento. O baixo incremento de folhas em períodos do outono e no inverno são decorrentes das baixas temperaturas ($13,8^\circ\text{C}$ e $9,6^\circ\text{C}$) e ocorrência de geadas nestes períodos. Em respostas as baixas temperaturas destas estações, as plantas entram em dormência, não ocorrendo incremento de folhas e ramos nestas condições. As plantas de *Aloysia triphylla*, na região Sul do Brasil, iniciam a perda das folhas nos meses de maio e junho, chegando a valores de 40%, e nos meses de junho e julho, no final da estação do outono e início do inverno, com a ocorrência de geadas, a taxa de perda de folhas pode chegar a 100% (PAULUS et al., 2013).

No final do verão o acúmulo de massa seca de folhas foi de 20% superior à primavera, 36% superior ao outono e 45% superior ao inverno. Resultados semelhantes foram encontrados por Paulus et al. (2013), que estudando produção de folhas de *Aloysia triphylla* em diferentes épocas do ano, verificaram que, nos meses de outono e inverno, as plantas apresentaram queda das folhas e crescimento lento das plantas e nos meses de verão as plantas apresentavam pleno crescimento vegetativo, com incremento abundante de massa de folhas. Givnish (1988), afirma que as plantas adaptam-se ao meio para garantir a sobrevivência em condições ambientais adversas, melhorando a eficiência do ganho de carbono.

Na Figura 4 observa-se o acúmulo de massa seca de folhas para diferentes níveis de sombreamento.

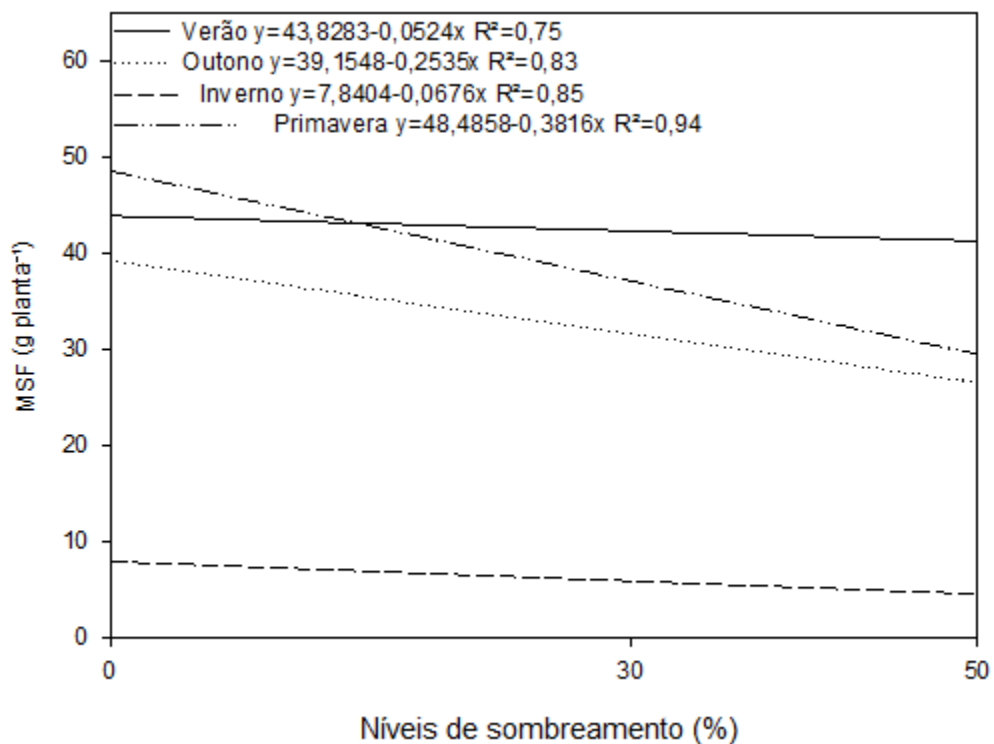


Figura 4. Produção de massa seca de folhas (MSF) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes níveis de sombreamento. Frederico Westphalen, RS, 2012.

O verão apresentou incremento de massa seca de folhas semelhante em todos os níveis de sombreamento. Nesta estação a temperatura média durante todo

período de coletas manteve-se próxima a 24°C e a radiação global incidente manteve-se elevada, com média de 10,4 MJ m⁻² dia⁻¹. Essas condições favoreceram o incremento de massa fresca de folhas pela planta. No outono e primavera, a produção de massa seca de folhas foi inferior nos ambientes sombreados, com redução de 13% e 15% do incremento de folhas secas a 50% de sombreamento em relação ao pleno sol. No inverno, com baixos níveis de temperatura média (15,8°C) e radiação solar global incidente (5,4 MJ m⁻² dia⁻¹), observou-se que no tratamento com 50% de sombreamento ocorreu queda de 17% no incremento de massa seca de folhas.

As respostas das plantas ao sombreamento são variadas e distintas de cada espécie. Para Larcher (2000) as plantas crescidas sob forte radiação têm maior produção de massa seca. Chang et al. (2008) observaram redução significativa da produção de biomassa seca total da planta de *Ocimum basilicum* quando submetida a tratamentos com menores níveis de radiação luminosa. Sales et al. (2009) verificaram maior acúmulo de massa seca de folhas para *Hyptis marrubioides*, nos ambientes com 0% de sombreamento, em relação a 40% e 80% de sombreamento. Pinto et al. (2007), estudando *Aloysia gratissima*, verificaram 25% de redução no incremento de massa seca de folhas a 80% de sombreamento em relação a pleno sol e de 35% em relação a 40% de sombreamento. Isso demonstra que plantas de *Aloysia gratissima*, assim como *Aloysia triphylla*, no presente estudo, diminuem a produção de massa seca de folhas com certa porcentagem de sombreamento. Nas estações onde ocorrem as médias de radiação solar global incidentes menores, o sombreamento diminui ainda mais essa radiação sob o dossel vegetativo, diminuindo a fotossíntese das plantas e conseqüentemente, o incremento de massa seca de folhas.

Na Figura 5 observa-se a interação dos fatores sobre a evolução do crescimento de ramos, nas quatro estações do ano para diferentes épocas de coleta. Observa-se que o verão e a primavera apresentaram a mesma tendência sendo que, no final da estação do verão a produção de ramos foi 18% superior à primavera. Verifica-se uma produção superior desta variável na estação do outono até a metade da estação, a partir daí, com o decréscimo dos níveis de radiação (7,7 MJ m⁻² dia⁻¹ para 5,7 MJ m⁻² dia⁻¹) e temperatura (18,2°C para 16,2°C), houve queda na produção, resultando numa produção de ramos 36% inferior ao verão.

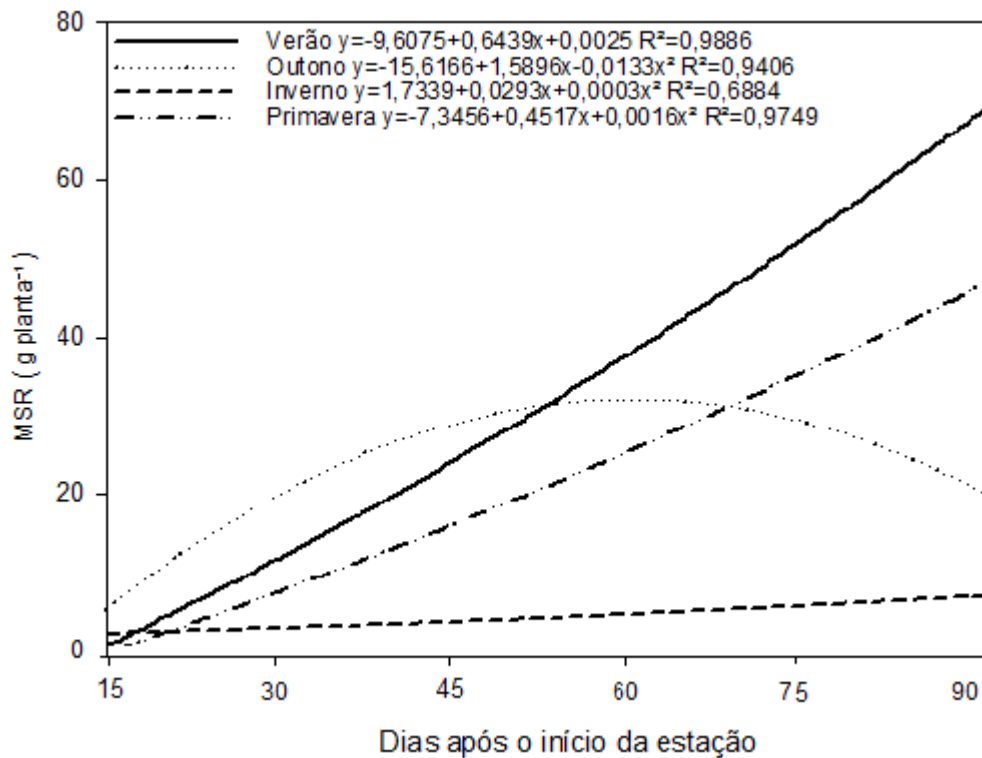


Figura 5. Produção de massa seca de ramos (MSR) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano, em diferentes épocas de coleta. Frederico Westphalen, RS, 2012.

O inverno apresentou baixa produção de ramos, sendo 43% inferior ao verão. Nas estações onde as temperaturas são inferiores as requeridas pela planta, esta pode entrar em dormência, não ocorrendo incremento de folhas e ramos nestas condições (TAIZ; ZEIGEL, 2013).

Com relação à produção de massa seca de ramos nos diferentes níveis de sombreamento e nas quatro estações do ano, observam-se tendências diferenciadas (Figura 6). A produção de massa seca de ramos de *Aloysia triphylla* apresentou pequeno aumento com a elevação do sombreamento para a estação do verão (1%). De forma inversa o sombreamento diminuiu esse incremento em aproximadamente 16% para as estações do outono e inverno e 33% para a primavera. Nas estações do outono e inverno os níveis de radiação solar global incidente médios foram de 6,4 e 5,4 MJ m⁻² dia⁻¹. Essa baixa radiação diminuiu ainda mais com a presença de tela de sombreamento.

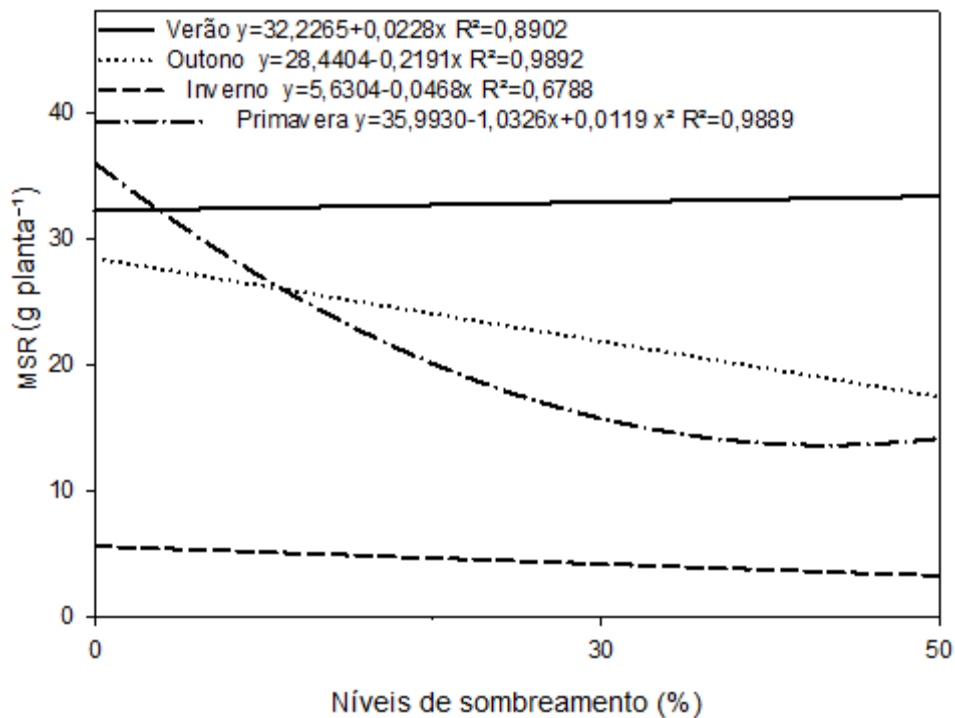


Figura 6. Produção de massa seca de ramos (MSR) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes níveis de sombreamento. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Estudando a produção de massa seca de ramos em plantas de *Aloysia gratissima*, Pinto et al. (2007), verificaram que a produção de biomassa foi influenciada pela irradiância, sendo que o sombreamento de 80% ocasionou menor incremento de ramos em relação às plantas submetidas a 40% de sombreamento e a pleno sol e, constataram que as plantas têm maior crescimento nas condições com certa porcentagem de sombra. Lee et al. (2000), afirmam que a redução da intensidade luminosa pode, muitas vezes, ficar aquém do ponto de saturação luminosa, reduzindo o processo fotossintético e, com isso, a produção de biomassa seca de folhas e ramos. Sales et al. (2009) estudando acúmulo de fitomassa seca de ramos em hortelã-do-campo (*Hyptis marrubioides*) em diferentes sombreamentos, verificaram maior incremento a pleno sol em relação a 40% de sombreamento, sendo que, o menor incremento de ramos foi verificado em tratamento com 80% de sombreamento.

A Figura 7 mostra a tendência do crescimento de plantas em altura para as quatro estações do ano e em diferentes épocas de coleta ao longo das quatro estações do ano.

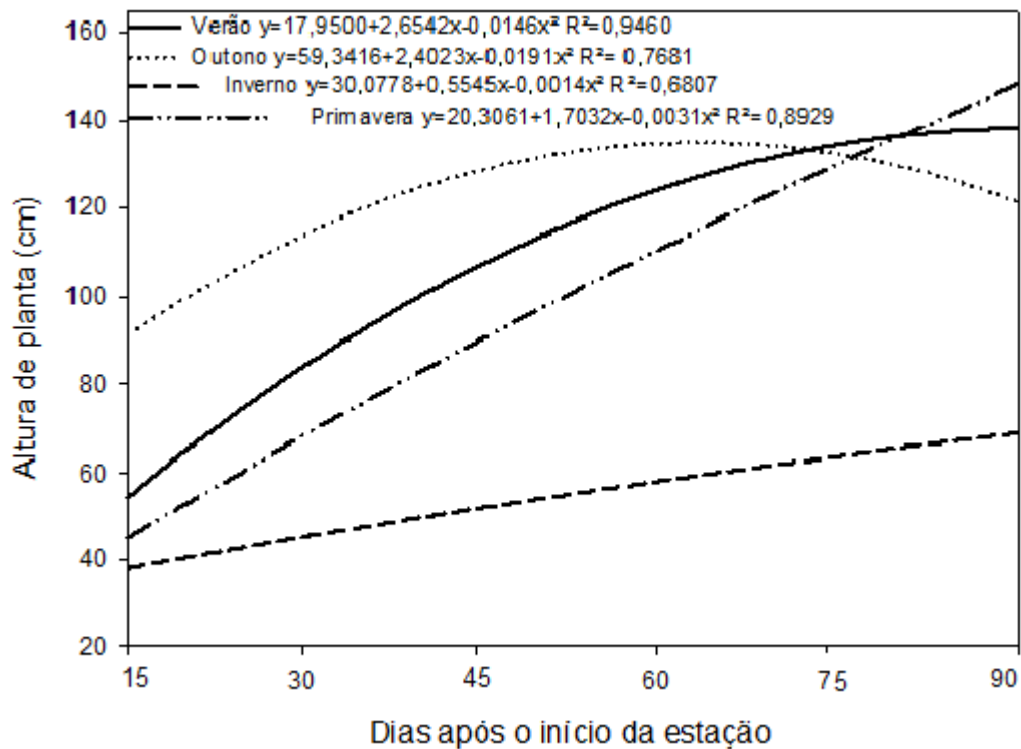


Figura 7. Altura de planta de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes épocas de coletas. Frederico Westphalen, RS, 2012.

As plantas cultivadas no outono apresentaram crescimento em altura até 60 dias após o início da estação, após apresentaram declínio na estatura, sendo que, no final do ciclo apresentaram estatura 2% inferior as plantas da primavera. A primavera apresentou aumento na estatura das plantas ao longo de todo ciclo, sendo 2% superior ao verão no final da estação. O inverno apresentou baixa altura de plantas no início da estação e com a elevação da temperatura média (9,6°C para 18,1°C) e radiação solar (3,8 para 9,0 MJ m⁻² dia⁻¹), ao longo do período estacional, apresentou elevação na estatura. No final do inverno a estatura das plantas foi 13% inferior em relação à primavera. O maior alongamento do caule em altura, em respostas as diferentes condições ambientais de cada estação do ano, deve ser avaliado de acordo com o interesse de cultivo de cada planta. A planta que apresenta estiolamento pronunciado em respostas aos fatores externos, pode comprometer a emissão de ramos laterais e também a sustentação da planta (STEINGRAEBER, 1982).

Na Figura 8 observa-se a altura de plantas de *Aloysia triphylla* ao longo das quatro estações do ano para diferentes sombreamentos. O sombreamento

proporcionou maior altura de plantas para as estações do verão e inverno. Para primavera e outono o aumento do sombreamento diminuiu a altura das plantas. Observa-se que, para cada estação, essas diferenças na altura de plantas variaram na proporção de 1% a 3% entre os tratamentos com 0%, 30% e 50% de sombreamento.

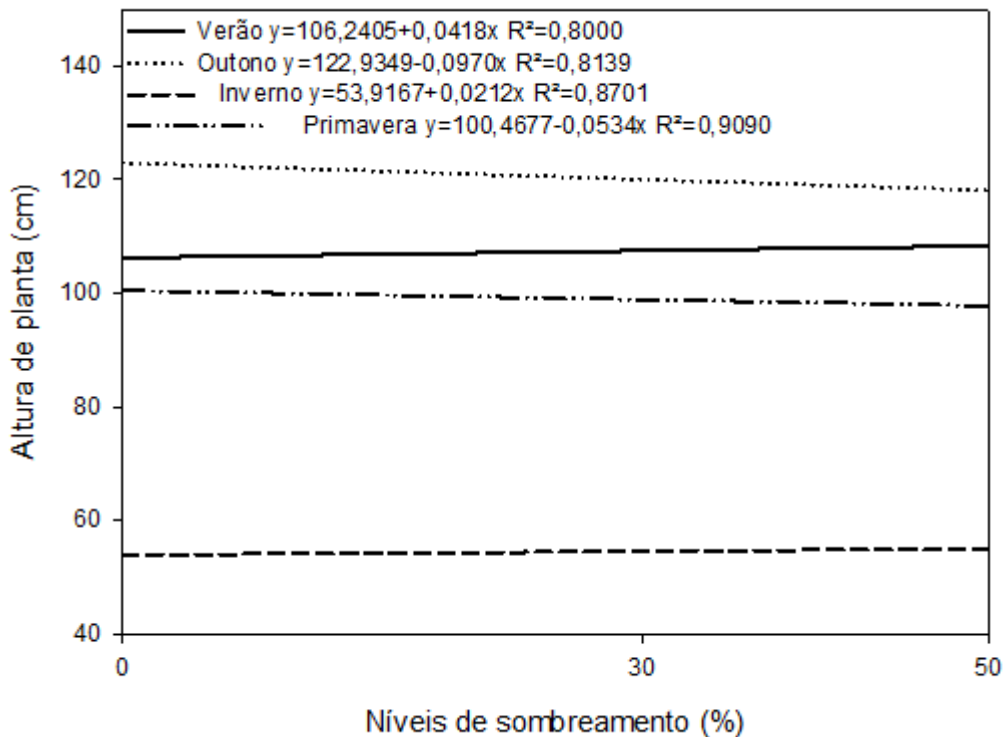


Figura 8. Altura de planta de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e com diferentes níveis de sombreamento. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Estudos com diferentes espécies demonstram que as espécies respondem de maneiras distintas ao sombreamento. As respostas das plantas a intensidade de radiação luminosa são diversas, sendo o estímulo do crescimento em altura, uma das mais rápidas respostas ao sombreamento (MORELLI; ROBERTTI, 2000). As espécies medicinais *Hyptis marruboides* (SALES et al., 2009) e *Baccharis trimera* (SILVA et al., 2006) apresentaram maior estatura de plantas nos tratamentos sombreados. Paulus et al. (2013) verificaram maior altura de plantas no espaçamento de plantas 1,0x1,0m, em relação aos espaçamentos 1,0 x 0,8m e 1,0 x

0,6m e concluíram que, a menor densidade de plantas permitiu uma distribuição mais uniforme das plantas por área, possibilitando a utilização mais eficiente de luz.

O aumento na altura de plantas que crescem em ambientes sombreados reflete uma tendência ao estiolamento, num investimento inicial pronunciado no alongamento do caule, a fim de alcançar a luz (DEMUNER et al., 2004; FRANCO; DILLENBURG, 2007). Steingraeber (1982) ressalta que a planta que apresenta o estiolamento pronunciado frente a alguns fatores externos, pode comprometer a sustentação da parte aérea da planta e também o investimento em ramos laterais, pois este crescimento em altura pode reduzir o vigor do caule.

Na Figura 9 observa-se o desdobramento da interação entre estação do ano e época de coleta para o índice de área foliar.

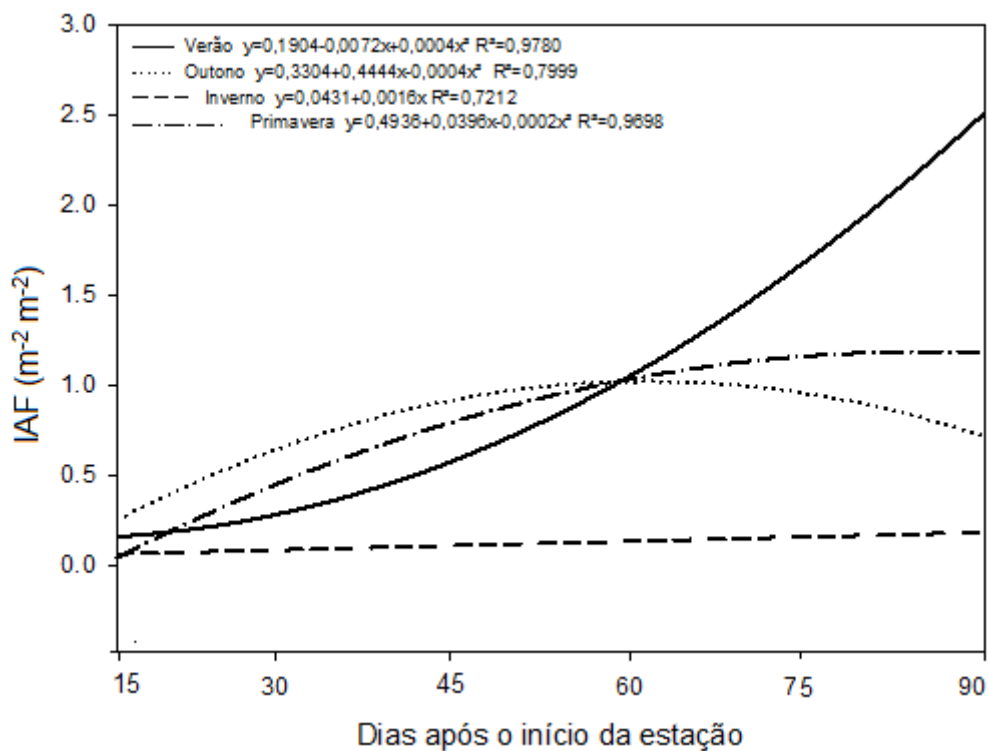


Figura 9. Índice de área foliar (IAF) de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano e em diferentes épocas de coleta. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Verifica-se que no verão houve maior expansão do índice de área foliar para as diferentes épocas de coleta, sendo 30% superior à primavera no final da estação.

O outono apresentou índice de área foliar crescente até a metade da estação, a partir daí houve diminuição deste índice, sendo 40% inferior ao verão.

A primavera e o outono apresentaram desempenho semelhante até 60 dias após o início da estação, a partir daí, houve menor expansão das folhas no outono. No final das estações o índice de área foliar do verão foi 40%, 49% e 30% superior ao outono, inverno e primavera, respectivamente. O inverno apresentou menor índice de área foliar durante todo o ciclo quando comparado às demais estações, o que corresponde a um índice de área foliar 49% menor que no verão. Esse baixo incremento é decorrente de danos causados pelas temperaturas extremas e geadas ocorridas no final do outono e início do inverno, onde a planta perde as folhas e entra em dormência, voltando a brotar na primavera.

Na Figura 10 observa-se a tendência da variável índice de área foliar na interação níveis de sombreamento e épocas de coleta.

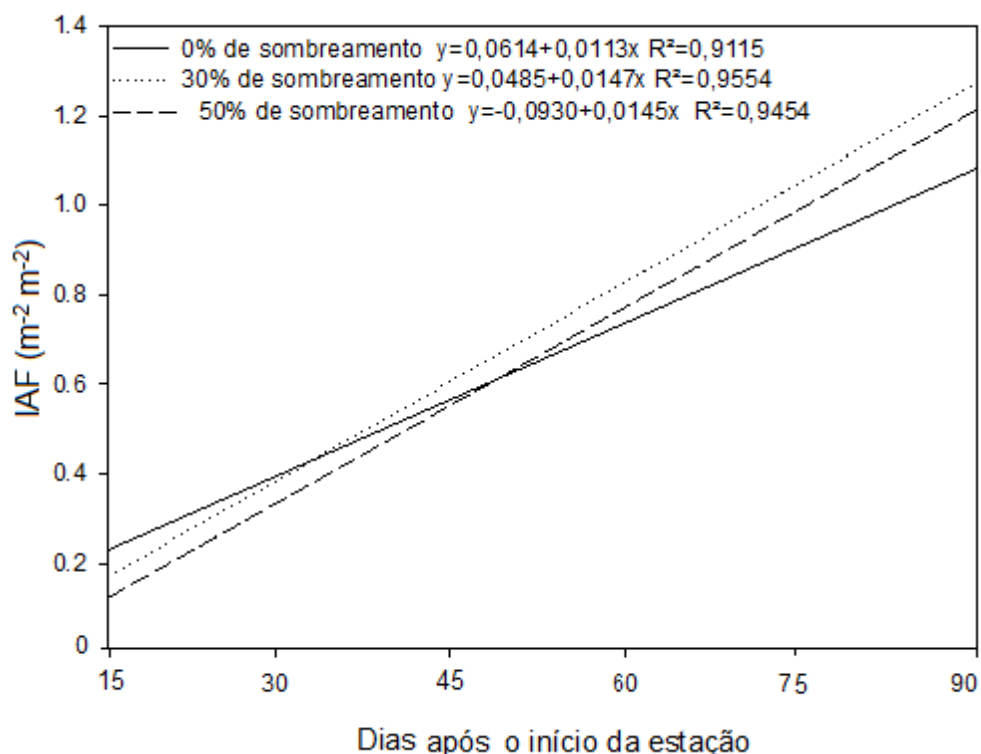


Figura 10. Índice de área foliar (IAF) de *Aloysia triphylla* cultivada em diferentes níveis de sombreamento e épocas de coletas. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Verifica-se que os tratamentos com sombreamento promoveram aumento crescente no índice de área foliar quando comparados ao tratamento a pleno sol. No final do ciclo de coletas, as plantas submetidas a 30% de sombreamento apresentaram maior índice de área foliar, sendo 3% superior em relação a 50% de sombreamento e 9% superior ao pleno sol. Este acréscimo ocorreu, provavelmente, numa tentativa da planta em ampliar a superfície fotossintetizante a fim de maximizar a absorção luminosa nas condições de sombreamento (SCALON et al., 2001). Segundo Nobel (1991), as folhas sombreadas podem ter área superficial de 20% a 80% maior do que folhas crescidas ao sol.

Esse aumento do índice de área foliar constitui então, uma forma da planta em se adaptar a baixa luminosidade, com maior tecido fotossinteticamente ativo (BENINCASA, 2003). Martins et al. (2008), estudando *Melissa officinalis* observaram que as plantas cultivadas a pleno sol tiveram baixo índice de área foliar, em relação às cultivadas sob sombreamento. O maior índice de área foliar colaborou para compensar o efeito da baixa irradiância, interceptando maior irradiância por unidade de massa das folhas (REICH et al., 1998).

O aumento do índice de área foliar nos maiores níveis de sombreamento é uma estratégia da planta de compensar essa menor quantidade de luz recebida, aproveitando-a melhor para maximizar processos fisiológicos relativos ao seu crescimento e desenvolvimento (CAMPOS; UCHIDA, 2002).

2.6 Conclusão

Os resultados mostraram que *Aloysia triphylla* pode ser cultivada no verão em condições de até 50% de sombreamento, favorecendo a produção de massa fresca e seca de plantas.

O cultivo durante a primavera é recomendado a pleno sol, pois o sombreamento reduz o crescimento das plantas.

A colheita das plantas no outono e no inverno não é recomendada pela baixa produção de ramos e folhas neste período.

2.7 Referências Bibliográficas

ANDRADE, G. O. Os climas. In: Brasil, a terra e o homem, Azevedo, A. (ed.) São Paulo: **Companhia Editora Nacional**, v.1, p.398-462, 1972.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ª Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41p.

BURIOL, G.A., et al. Cartas mensais e anuais das temperaturas médias, das médias das temperaturas máximas e das médias das temperaturas mínimas do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do centro de Ciências Rurais**. Santa Maria, v.9, p. 1-43, 1979.

BURIOL, G. A., et al. Disponibilidade de radiação solar nos meses mais frios do ano para o cultivo do tomateiro no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.6, n.1, p.113-120, 2000.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.

CASTRO D. M. **Efeito da variação sazonal, colheita selecionada e temperaturas de secagem sobre a produção de biomassa, rendimento e composição de óleos essenciais de folhas de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br ex Britt. & Wilson (Verbenaceae)**. Botucatu: UNESP. 2001, 132p.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. **Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils**. **Environmental and Experimental Botany**. v.63, p. 216–223, 2008.

COCKSHULL, K. E.; GRAVES, C. J.; CAVE, C. R. J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, v.67, p.11-24, 1992.

DEMUNER, V. G.; HEBLING, S. A.; DAGUSTINHO, D. M. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Gallea integrifolia* (Spreng.) Harms. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 17, p. 45-55, 2004.

FRANCO, A. M. S.; DILLENBURG, L. R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 135-144, 2007.

GIVINISH, T. J. Adaptations to sun and shade: a whole plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**. Melbourne, v.15, p.63-92, 1988.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v. 02, n. 01, p. 171-182, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LEE D.W.; et al. Effects of irradiance and espectrum quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast aian Hopea (Diptenocarpeceae) species. **American Journaul of Botany**, v.87, p.447-455, 2000.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa: UFV. 2000, 220p.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D.M.; CASTELLANI, D.C.; DIAS, J.E. A. V.How to be arboreal and diurnal and still stay alive: microhabitat use, time of activity, and defense in Neotropical forest snakes. **South American Journal of Herpetology**.v. 3, p. 58-67, 2008.

MORELLI G; RUBERTI I. Shade avoidance responses.Driving auxin along lateral routes. **Plant Physiology**, v.122, p. 621-626, 2000.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p.1961.

MORVILLO C; GIL A. Relationships between plant density, biomass and essential oil production in seven *Aloysia citriodora* accessions from Argentina and Chile. In: international symposium breeding research on medicinal and aromatic plants. **Anais**.Campinas: Instituto Agronômico. p.03-42, 2004.

MUÑOZ, F.. **Plantas Medicinales y Aromaticas**. Estúdio, Cultivo y Procesado. Ediciones Mundi prensa, Madrid, 1987,365 p.

NOBEL P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic Press, 1991, 635p.

PAULUS, D. et al. Teor e composição química do óleo essencial e crescimento vegetativo de *Aloysia triphylla* em diferentes espaçamentos e épocas de colheita, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 372-379, mai/jun, 2013.

PINTO, J. E. et al. Aspectos morfológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 210-214, 2007.

REICH, P.B.et al. Photosynthesis and respiration rates depend on leaf and root morphology and nitrogen concentration in nine boreal tree species differing in relative growth rate. **Funct. Ecol.**, v.12,p. 395–405, 1998.

RIVAS, D. A. P. **Arquitectura y modelos de regeneración en plantas medicinales comercializadas en Chile**. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile, 2003, 53p.

SALES, J. F. et al. **Influência do nível de irradiância no crescimento, produção e composição química do óleo essencial de hortela-do-campo (*Hyptis marrubioides*)**. Seminário Ciências Agrárias, v.30, p.379-386, 2009.

SALES, J. F. et al. **Influência do nível de irradiância no crescimento, produção e composição química do óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marrubioides* Epl.)** Seminario: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 2, p. 389-396, abr./jun. 2009.

SCALON S.P.Q. et al. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.23: p.1-5, 2001.

SILVA, F. G. et al. Influence of radiation level on plant growth, yield and quality of

essential oil in carqueja. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 1, p. 52-57, 2006.

SIMÕES, C.M.O., et al. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da Universidade UFRGS / Editora da UFSC, 1999, 819p.

SMITH, W. K. et al. Leaf form and Photosynthesis: do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide **Bioscience**, Washington, DC, v. 47, n. 11, p. 785-793, 1997.

SOUZA J.R.P. et al. Desenvolvimento da espinheira-santa sob diferentes intensidades luminosas e níveis de poda. **Horticultura Brasileira** v.26, p.40-44, 2008.

STEINGRAEBER, D. A. Phenotypic plasticity of branching pattern in sugar maple (*Acer saccharum*). **American Journal of Botany**, v. 69, p. 638-640, 1982.

VOGELMANN, T. C.; NISHIO, J. N.; SMITH, W. K. Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 1, n. 2, p. 65-70, 1996.

3 ARTIGO II

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM *Aloysia triphylla* SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.

3.1 Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de óleo essencial em plantas de *Aloysia triphylla* crescidas a pleno sol, com 30% e 50% de redução da radiação solar incidente, nas quatro estações do ano. O experimento foi instalado a campo na Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen-RS, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições. A extração de óleo foi realizada por processo de hidrodestilação utilizando aparelho de clewenger modificado. As variáveis avaliadas foram massa fresca de folhas, rendimento e teor de óleo essencial. Para todas as variáveis analisadas observou-se que a estação do verão apresentou maior produção, seguido pela estação da primavera. Para o verão, o ambiente sombreado também promoveu maior produção. A primavera apresentou menor produção de massa fresca de folhas nos ambientes sombreados e o teor de óleo aumentou com o sombreamento. O inverno apresentou baixa produção de folhas e rendimento de óleo sendo que os níveis de sombreamento reduziram ainda mais a produção.

Palavras-chave: Cidró. Planta aromática. Sombreamento. Óleo volátil.

3 PAPER II

EVALUATION OF ESSENTIAL OIL PRODUCTION IN *Aloysia triphylla* UNDER DIFFERENT LEVELS OF SOLAR RADIATION IN THE FOUR SEASONS OF THE YEAR.

3.2 Abstract

The aim of this study was to evaluate the production of essential oil of *Aloysia triphylla* grown in full sun, with 30% and 50% reduction of incident solar radiation, during the four seasons of the year. The experiment, installed in a field at the Federal University of Santa Maria – Campus of Frederico Westphalen, RS, was conducted from August 2011 to December 2012. A completely randomized design was used, with 2 extractions each season. The oil extraction was performed by hydro distillation using a modified Clevenger apparatus. The variables evaluated were fresh biomass of leaves, oil yield and essential oil content. For all the analyzed variables it was observed that summer season showed the highest yield, followed by spring. For summer, the shaded environments presented higher fresh biomass of leaves, yield and essential oil content. Spring had lower production of fresh biomass of leaves in shaded environments, but the oil yield was higher with shading. Winter, due to low temperatures and light, showed lower production of leaves and essential oil yield.

Keywords: Cidró. Aromatic plant. Shading. Volatile oil.

3.3 Introdução

A espécie *Aloysia triphylla*, conhecida como erva-luisa e cidró é uma planta da família Lamiaceae, que apresenta a forma de arbusto perene com até 3,0 metros de altura, nativo da América do Sul, provavelmente da região montanhosa ao norte da Argentina. O caule se caracteriza por ser estriado, roliço, possui folhas alongadas, pontiagudas e de cor verde-claro, com até 8,0 cm de comprimento (LORENZI; MATOS, 2002). As folhas estão inseridas em cada nó do caule, em grupos de três ou quatro folhas, com pecíolo curto. São lanceoladas e com a margem inteira, apresentam a nervura central muito marcada, são um pouco ásperas e têm um forte e persistente aroma e sabor de limão. Como propriedades medicinais, *Aloysia triphylla* é uma erva adstringente e aromática, rica em óleo essencial, que age como sedativo brando, antibacteriano, antiespasmódico, aromática e febrífugo (MUÑOZ, 1987).

Os óleos essenciais são produtos do metabolismo secundário da planta. Exercem papel básico nos processos fisiológicos do vegetal e desempenham função ecológica que envolve a defesa das plantas. O óleo essencial contém importantes fontes de substâncias químicas com inúmeras atividades biológicas, constituindo um dos mais importantes grupos de matérias primas para a indústria de alimentos, farmacêutica, perfumaria e afins.

Os estudos com espécies aromáticas têm evidenciado plasticidades fisiológicas em função das condições ambientais de cultivo, como temperatura, intensidade luminosa, umidade, entre outros. Essas diferentes condições ambientais, diversificada ao longo das quatro estações do ano, podem determinar nas espécies a época ideal de colheita e local de cultivo para se obter maior produção de folhas e rendimento de óleo essencial (PINTO; BERTOLUCCI, 2002; CLARK; MENARY, 1980; LETCHANO; GOSSELIN, 1996).

A folha é o órgão da planta de maior plasticidade, com grande capacidade de adaptação aos locais de cultivo, o que lhe confere amplo potencial de aclimação (BJÖRKMAN, 1981). Os diferentes níveis de radiação solar global incidente proporcionam mudanças na massa foliar e, conseqüentemente, alteram a produção de óleo essencial (CASTRO et al., 1998; LEE et al., 2000). Cada planta apresenta limites mínimos, máximos e ótimos, para cada estágio de desenvolvimento em

relação aos fatores ambientais. Essas condições ambientais apresentam variações ao longo do ano, em função das estações (ORTOLANI; CAMARGO, 1987).

As regiões temperadas são constituídas pelos solstícios e equinócios, com estações bem definidas no decorrer do ano, apresentando verões com temperaturas elevadas (acima de 22°C) e invernos com baixas temperaturas (inferiores a 10°C), com chuvas bem distribuídas por todo ano. Essas diferentes condições climáticas podem afetar o crescimento de plantas e a produção dos metabólitos secundários. O teor de óleo essencial das plantas pode sofrer alteração ao longo das estações do ano, devido às condições ambientais e épocas de colheita (TAVEIRA, 2003; RAM et al., 2005).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da *Aloysia triphylla*, quanto à produção de óleo essencial em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano.

3.4 Material e Métodos

O experimento foi instalado na Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen, localizado na latitude 27° 23' 26" S; longitude 53° 25' 43" e altitude 461,3m, no município de Frederico Westphalen – RS, no período de agosto de 2011 a dezembro de 2012.

O clima da região, segundo classificação climática de Koppen, é do tipo Cfa, com estações bem definidas durante todo ano, com temperatura do mês mais quente superior a 22°C e do mês menos quente é superior a 3°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo dos doze meses do ano (MORENO, 1961).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com duas repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema bifatorial 3x4, com três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%) e quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera).

As mudas de *Aloysia triphylla* foram obtidas a partir do enraizamento de estacas de plantas matrizes, utilizando estacas de 15 a 20 cm de comprimento, retiradas de ramos saudáveis e cultivadas em bandejas com 96 tubetes de tamanho médio, preenchidos com mistura de substrato comercial mais vermiculita, e

colocadas em ambiente protegido, com irrigação por aspersão (Figura 1).



Figura 1. Produção de mudas de *Aloysia triphylla* em ambiente protegido. Frederico Westphalen, RS, 2011.

Após o enraizamento as mudas foram transferidas para os canteiros definitivos, utilizado espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,80 m entre plantas. O solo utilizado no experimento foi Latossolo Vermelho – Distroférrico.

A produção de mudas iniciou em agosto de 2011 e o transplante foi realizado em 23 de novembro de 2011.

O sombreamento das plantas foi fornecido pelo uso de malha de polietileno preta (sombrite), que controla a passagem da radiação solar, proporcionando 100%, 70% e 50% de irradiância.

No final de cada estação coletou-se as plantas para destilação do óleo essencial. Utilizou-se 80% das folhas frescas, sendo que os outros 20% foram destinados para cálculo de fitomassa seca. As folhas picadas foram colocadas dentro de balão volumétrico e depois de cobertas com água destilada, colocadas para iniciar processo de hidrodestilação a vapor. O método de extração, utilizou o aparelho de Clevenger modificado, conforme Farmacopéia Brasileira (2000), (Figura 2).



Figura 2. Extração de óleo essencial de *Aloysia triphylla* utilizando clevenger modificado. Frederico Westphalen, RS, 2012.

As amostras extraídas de óleo essencial foram pesadas e medida sua volumetria. O rendimento do óleo essencial de *Aloysia triphylla* por área foi estimado com base no rendimento das amostras em ml e pela densidade de plantas utilizada no experimento.

O cálculo do teor de óleo foi realizado de acordo com a Equação 1 que corresponde volume (g) de óleo essencial em relação à massa de folhas frescas.

$$\text{Equação 1. Teor (\%)} = \frac{\text{Peso óleo (g)} \times 100}{\text{MFF(g)}}$$

Os dados de radiação e temperatura utilizados foram obtidos na estação meteorológica, localizada a 50 m do local do experimento.

Os dados obtidos do experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F e aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$), para fatores qualitativos e análise de regressão para fatores quantitativos.

3.5 Resultados e Discussão

Os dados médios da temperatura e da radiação solar global incidente observados de dezembro de 2011 a dezembro de 2012 evidenciaram variações de seus valores para as quatro estações do ano. Na Figura 3, observam-se as oscilações da radiação solar global incidente e temperatura média, no decorrer das estações do ano.

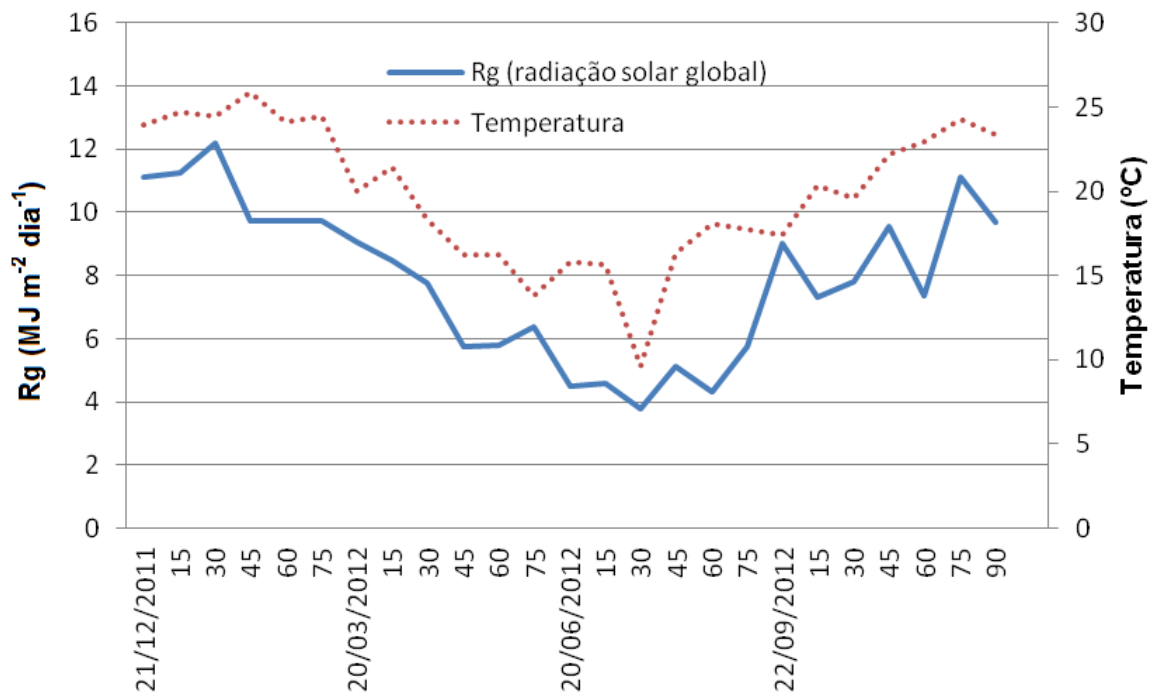


Figura 3. Variações da radiação solar global incidente (Rg) e temperatura média registradas nas diferentes estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.

A estação do verão apresentou radiação solar global incidente com variações de 9,7 a 12,2 MJ m⁻² dia⁻¹ e a temperatura média manteve-se entre 20,0°C à 25,8°C. A estação do outono iniciou com radiação solar global próximas a 9 MJ m⁻² dia⁻¹ e, no final do período estacional a radiação solar global foi de 4,5 MJ m⁻² dia⁻¹. Nesta estação a temperatura média variou entre 13°C e 20°C.

O inverno apresentou radiação solar global incidente, com variações de 5,7 a 3,8 MJ m⁻² dia⁻¹ e as temperaturas médias variaram entre 9,5°C a 18,1°C. A

primavera apresentou radiação solar global oscilando entre 7,3 a 11,0 MJ m⁻² dia⁻¹ e a temperatura média oscilou de 17,4°C à 24,3°C. Segundo a classificação climática de Koppen, o clima Cfa se caracteriza por apresentar a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. No final do outono e no início do inverno, houve ocorrência de geadas.

Os dados médios da massa fresca de folhas, rendimento de óleo e o teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla* coletados em diferentes sombreamentos apresentaram desempenho diferenciado entre as variáveis analisadas. Pela análise da variância observa-se que houve interação entre estação do ano e níveis de sombreamento para todas as variáveis analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca de folhas (MFF), rendimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla*. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Fator Variação	Quadrado Médio		
	MFF (g planta ⁻¹)	Rend (ml planta ⁻¹)	Teor (%)
Estação	82624,53*	1,32*	0,02*
Sombra	1265,53	0,01	0,01
Est*Sombra	6310,93*	0,03*	0,02*
CV(%)	7,70	7,47	5,22

* Significativo a 5%, pelo teste F.

A análise da variância mostrou diferença significativa em relação às estações do ano para massa fresca de folhas, rendimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla*, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Média de massa fresca de folhas (MFF), rendimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Estação	MFF (g planta ⁻¹)	Rend (ml planta ⁻¹)	Rend (L ha ⁻¹)	Teor (%)
Verão	323,10a*	1,38a	17,29a	0,26a
Outono	142,03c	0,62c	7,86c	0,19b
Inverno	48,46d	0,26d	3,31d	0,25a
Primavera	226,83b	0,85b	10,64b	0,26a
CV(%)	26,23	14,22	14,22	15,70

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Observa-se que houve diferença significativa na produção de massa fresca de folhas (MFF), no rendimento e teor de óleo essencial para as estações do ano.

A estação do verão apresentou maior massa de folhas, rendimento e teor de óleo essencial em relação às demais estações, sendo que o teor de óleo foi estatisticamente semelhante para verão, primavera e inverno (Tabela 2).

Com relação à massa fresca de folhas a maior produção ocorreu na estação do verão (Tabela 2), sendo significativamente superior as demais estações. A estação da primavera apresentou produção de folhas estatisticamente menor que o verão, no entanto, superior ao outono. O inverno com produção significativamente inferior as demais estações, sendo que, nesta estação iniciou houve a ocorrência de baixas temperaturas, iniciando assim, a queda de folhas pela planta, e as geadas de final do outono proporcionou baixo incremento de folhas total da estação. Resultado semelhante foi encontrado por Paulus et al. (2013), que estudando a produção de folhas de *Aloysia triphylla*, verificaram que nos meses de outono-inverno com quedas de temperatura e radiação, houve perda de folhas e crescimento lento das plantas, sendo que, as geadas ocorridas no inverno provocaram a perda total das folhas.

A maior produção de massa fresca de folhas resulta em maior quantidade de matéria prima para a extração do óleo essencial. Esses dados estão de acordo com Czepak (1998), que em estudos com *Menta arvensis*, observou que em dias com maiores períodos de luminosidade, o incremento de folhas é intenso e, sob condições de dias frios e com menor período de luminosidade, esse incremento vegetal fica comprometido.

A baixa condição de radiação solar global incidente do outono e inverno reduziu as taxas fotossintéticas, o ganho de carbono e conseqüentemente o acúmulo de fitomassa pela planta (VALLADARES et al., 1997). Essa tendência está de acordo com Ming et al. (2002) que afirmam que, com a diminuição da radiação solar e da temperatura, as plantas apresentam menor produção de massa fresca de folhas, pois o baixo metabolismo da planta nestas condições ocasiona redução e paralisação da emissão de folhas.

Para rendimento de óleo essencial houve diferença significativa para as quatro estações, sendo que o verão sobressaiu-se em relação às demais. A primavera apresentou rendimento estatisticamente superior ao outono e inverno, sendo que a produção inferior significativa foi observada no inverno. Assim, nos

meses onde o crescimento de parte aérea é mais lento há um declínio na produção de óleo essencial na planta pela diminuição da matéria prima para produção de óleo. Segundo Sangwan et al. (2001), a radiação é um importante fator que pode interferir na produção de massa de folhas e de óleos essenciais, por meio da fotossíntese, ou seja, quanto maior a taxa fotossintética da planta, maior será o incremento de folhas.

Com relação ao rendimento de óleo por área, houve diferença significativa para as estações do ano. Verifica-se que o verão apresentou rendimento superior em relação às demais estações. Na primavera, o rendimento de óleo foi menor que o verão e superior ao outono. No inverno, observou-se menor rendimento. O baixo rendimento de óleo essencial, nos meses de outono e inverno, pode ser explicado pelas condições de radiação e temperaturas baixas, onde há queda e paralisação da emissão de folhas, reduzindo a massa fresca de folhas e conseqüentemente o rendimento de óleo essencial. Ming et al. (2002) afirmam que em condições de temperaturas baixas, as plantas reduzem o metabolismo e também a emissão de folhas novas, sendo que ambos estão relacionados com a produção de óleo essencial. Czepak (1998), estudando *Mentha arvensis* e sua relação com o ambiente, relatou que o desenvolvimento inicial das plantas é muito rápido na primavera e verão e proporciona os maiores rendimentos de óleo essencial por área nestas estações.

Para teor de óleo essencial, não houve diferenças significativa entre as estações do ano, sendo que o menor teor foi observado no outono (Tabela 2). Provavelmente esse resultado é decorrente da baixa temperatura e radiação solar no final desta estação (14,8°C e 5,5 MJ m⁻² dia⁻¹). As extrações do óleo foram realizadas no final de cada estação, sendo que na coleta do outono a temperatura e radiação solar incidente nas plantas apresentavam valores médios inferiores aos encontrados nas demais estações (Figura 3). Ming et al. (2002) estudando o metabolismo e emissão de folhas novas nas plantas de *Piper aduncum* afirmam que em condições de temperatura e radiação baixa, as plantas tem produção reduzida de folhas, o que resulta no baixo teor de óleo essencial.

Para um maior teor de óleo essencial deve-se realizar uma avaliação do crescimento vegetativo da *Aloysia triphylla* e a produção de folhas. A estação que apresentar maior rendimento de fitomassa por área, apresentará maior rendimento de óleo essencial (MING et al., 2002).

Na Figura 4 observa-se a produção do óleo essencial nas quatro estações do ano e seu desempenho nos diferentes níveis de sombreamento.

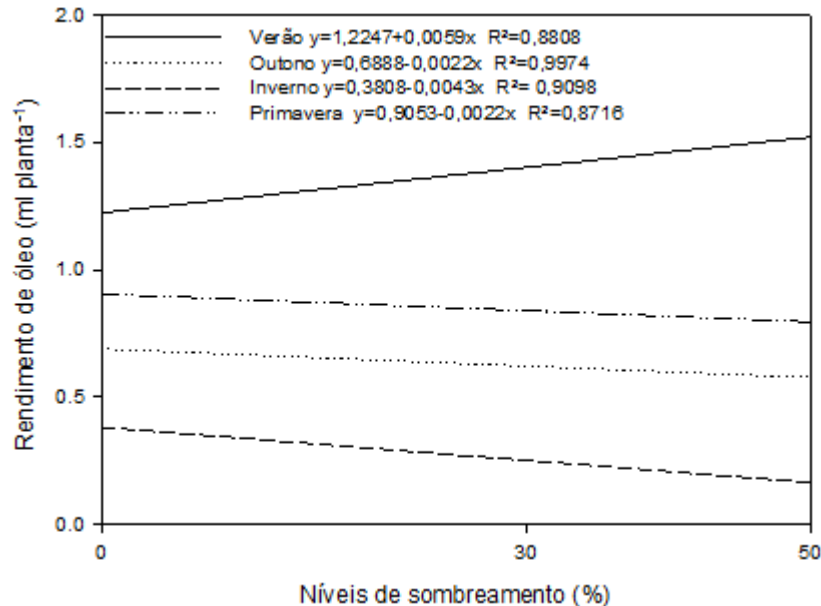


Figura 4. Rendimento de óleo essencial por planta de *Aloysia triphylla*, cultivada em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.

Observa-se que o rendimento de óleo nos diferentes níveis de sombreamento apresentou tendência diferenciada entre as estações. Verifica-se que o rendimento de óleo essencial foi superior para a estação do verão, sendo este superior a primavera, outono e inverno em 17%, 24% e 36%, respectivamente. No verão, os sombreamentos de 30% e 50% aumentaram o rendimento de óleo 2% e 8%, respectivamente. Para a primavera, outono e inverno houve redução do rendimento com o sombreamento de 30% e 50%. Essa diminuição do rendimento correspondeu a 4% para a primavera, 5% para outono e 28% para o inverno. A temperatura média durante o verão manteve-se elevada nos períodos de coleta (20,1°C a 24,4°C) o que promoveu maior rendimento de óleo nesta estação nos ambientes sombreados. A maior produção em ambientes sombreados relaciona-se com a não volatilização do óleo essencial das folhas, tendo em vista que este é facilmente volatilizado em alta temperatura e baixa umidade (BRANT et al., 2008). O maior rendimento no verão,

também está relacionado com radiação solar global incidente ($10,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) ocorrida neste período, que proporcionou melhores condições de crescimento vegetativo das plantas. Analisando as reduções nos rendimentos de óleo no inverno, os dados podem ser explicados pelo acionamento do mecanismo natural de fonte-dreno, que degrada os metabólitos secundários, direcionando seus compostos químicos para manutenção do metabolismo primário (TAIZ; ZEIGER, 2013). Nesta estação as condições climáticas de radiação situaram-se entre $3,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ a $5,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, mostraram-se desfavoráveis para o acúmulo da massa fresca de folhas, e conseqüentemente, para a produção de óleo essencial. Pinto et al. (2007), estudando rendimento de óleo em diferentes níveis de sombreamento verificaram maiores médias para pleno sol e 40% de sombreamento e menor rendimento de óleo para plantas com 80% de sombreamento. Paulus et al. (2013), verificaram maior rendimento de óleo essencial em *Aloysia triphylla* quando cultivadas em ambientes com maior espaçamento em relação aos ambientes com menor espaçamento e justificaram que o maior rendimento foi em virtude da maior incidência de radiação solar no espaçamento mais amplo. Putievsky et al. (1986), em trabalho com *Salvia officinalis*, verificaram que o maior rendimento de óleo essencial foi obtido em cortes realizados no verão. Em estudos com *Lippia alba* em São Luiz Gonzaga, Barros et al. (2009) verificaram que o rendimento de óleo essencial, obtido nas diferentes épocas do ano, proporcionaram maior produção no verão sendo 7%, 34% e 27% superior ao outono, inverno e primavera, respectivamente.

Na Figura 5 observa-se o rendimento de óleo essencial por área nas quatro estações do ano e com os diferentes níveis de sombreamento. Na estação do verão o rendimento de óleo foi superior às demais estações em 28%, 42% e 20% em relação ao outono, inverno e primavera, respectivamente. O sombreamento aumentou em 7% o rendimento de óleo essencial no verão.

A primavera apresentou rendimento inferior ao verão sendo que o sombreamento reduziu em 4% o rendimento de óleo essencial nesta estação. O outono apresentou diminuição do rendimento para os ambientes sombreados em 6%. O inverno com baixo rendimento de óleo, diminuiu ainda mais essa produção sendo 29% inferior no tratamento a 50% de sombreamento em relação ao pleno sol.

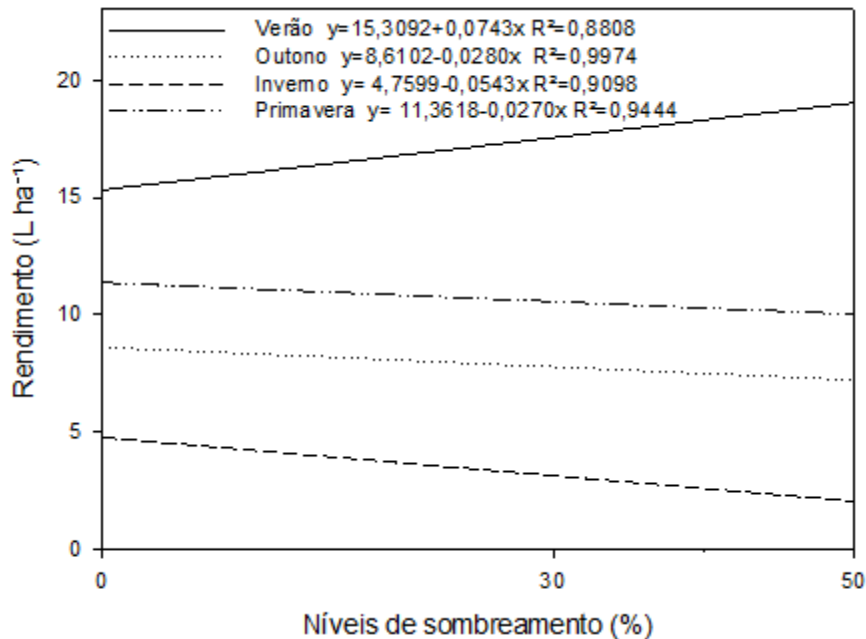


Figura 5. Rendimento de óleo essencial por área de *Aloysia triphylla*, cultivada em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.

O maior rendimento de óleo para os ambientes sombreados no verão está relacionado com a não volatilização do óleo da superfície das folhas, pois as condições de altas temperaturas (20,1°C a 24,4°C) favorecem essa volatilização. Outro fator que contribuiu para que esse rendimento fosse maior no verão foi o maior incremento de folhas nesta estação. Estações com maior incremento de folhas resultam em maiores rendimentos de óleo essencial.

Na Figura 6 observa-se o teor de óleo essencial na interação estação do ano x níveis de sombreamento. A estação que apresentou maior temperatura média (23,8°C) e radiação solar global incidente (10,4 MJ m⁻² dia⁻¹) nos períodos de coletas foi a primavera. A primavera apresentou teor de óleo essencial superior às demais estações, sendo 6%, 8% e 10% superior ao verão, outono e inverno, respectivamente. Nesta estação observou-se aumento de 11% no teor de óleo com aumento do sombreamento de 0% para 50%.

O outono apresentou as menores médias de temperatura e nível de radiação global incidente no período de coletas (14,8°C e 5,5 MJ m⁻² dia⁻¹). Nestas condições, o sombreamento aumentou o teor de óleo essencial em 11%. O verão apresentou

temperatura média de 22,3°C e radiação solar global incidente de 9,4 MJ m⁻² dia⁻¹. Nessas condições o teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla* aumentou em 1% para 50% de sombreamento em relação ao pleno sol. O inverno com radiação global de 7,4 MJ m⁻² dia⁻¹ nos período de coletas das plantas, apresentou queda de 9% no teor de óleo com o aumento do sombreamento.

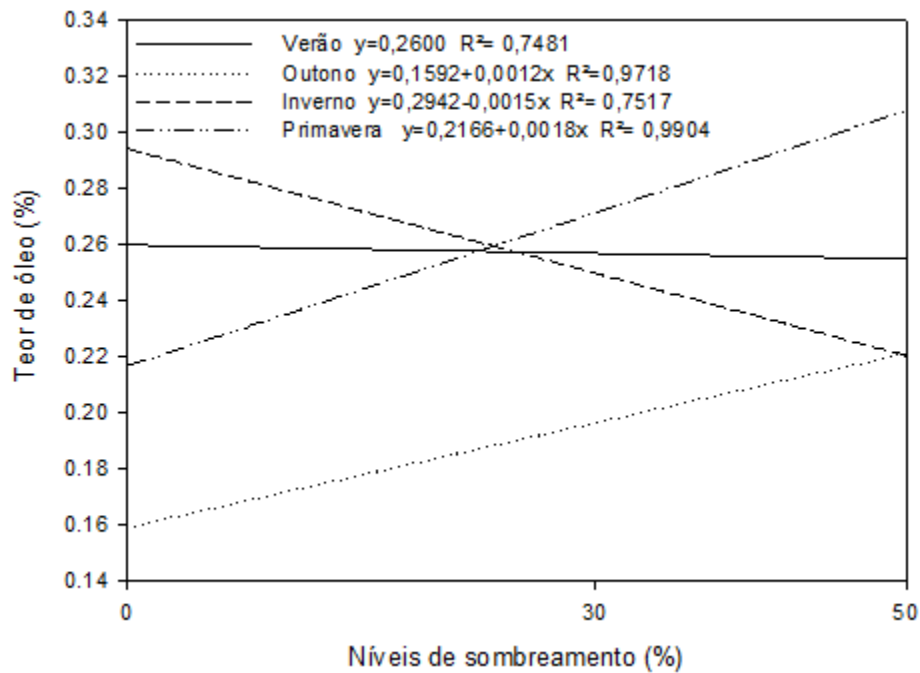


Figura 6. Teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla*, cultivada em diferentes níveis de sombreamento, nas quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2012.

O declínio no teor de óleo no inverno associado às condições de sombreamento é uma resposta da planta aos ambientes com baixa incidência de radiação, diminuindo as atividades metabólicas do carbono e nutrientes minerais da planta nestas condições ambientais, inibindo seu crescimento e alterando rendimento e teor de óleo essencial (OLIVEIRA et al., 2007). O sombreamento nesta estação diminui a incidência da radiação solar global, que já está abaixo da requerida pela planta. Para a estação do outono os baixos níveis de radiação e temperatura não supriram as necessidades das plantas, sendo que o aumento no teor de óleo é uma resposta da planta as condições adversas do ambiente.

O aumento no teor de óleo com o aumento do sombreamento na primavera é decorrente das temperaturas e radiação elevadas contribuindo para diminuição do teor de óleo devido à sua volatilização da superfície foliar (BRANT et al., 2008). Li et al. (1996), estudando o teor de óleo essencial em *Salvia officinalis* cultivada a pleno sol, verificaram que a espécie apresentou redução no teor quando comparado às plantas cultivadas sob o sombreamento.

Verificam-se diferentes resultados encontrados na literatura em relação aos níveis de luminosidade sobre o teor de óleo essencial. Paulus et al. (2013), estudando teor de óleo essencial em *Aloysia triphylla* observaram maior teor de óleo essencial nas plantas cultivadas em condições de maior espaçamento de plantas, e constataram que nesta condição houve maior radiação solar em relação aos cultivos mais adensados. Pinto et al. (2007), estudando teor de óleo essencial em plantas de *Aloysia gratissima* em diferentes níveis de sombreamento obtiveram teores de óleo semelhantes para 0%, 40% e 80% de sombreamento. Com *Lippia alba*, plantas submetidas a pleno sol tiveram elevação no teor de óleo essencial em relação aos ambientes sombreados (VENTRELA; MING, 2000). O nível de radiação pleno sol também aumentou o rendimento de óleo essencial em *Baccharis trimera* (SILVA et al., 2006). Li et al. (1996), estudando *Salvia officinalis*, encontraram teor de óleo essencial menor em plantas cultivadas a 100% de irradiância, em relação às cultivadas a 45%. Gonçalves (2001), trabalhando com *Ocimum selloi*, observou que o teor de óleo não diferiu com a alteração da intensidade de luz.

3.6 Conclusão

A estação do ano e o sombreamento apresentam influência direta sobre a produção de folhas e óleo essencial em plantas de *Aloysia triphylla*.

O maior rendimento de folhas e óleo essencial foi obtido em plantas cultivadas no verão, seguida pelas plantas cultivadas na estação da primavera. As estações do inverno e o outono apresentaram baixa produção de folhas e rendimento de óleo essencial.

O sombreamento favoreceu a produção de folhas e óleo essencial em cultivo realizado no verão. A utilização de sombreamento, independentemente da

intensidade, prejudicou a produção de folhas e óleo essencial, nos cultivos realizados na primavera, outono e inverno.

3.7 Referências Bibliográficas

BARROS, F.M.C. et al. Variabilidade sazonal e biossíntese de terpenóides presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown (Verbenaceae). **Química Nova**, v.32, n.4, 2009, 861p.

BJORKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. **Physiological plant ecology**. I. Responses to the physical environment. New York: Springer-Verlang, p.57-60, 1981.

BRANT, R.S.; et. al. Teor do óleo essencial de cidrão [*Aloysia triphylla* (L'Hér.) Britton] em função da variação sazonal. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**. Botucatu, v.10, n.2, p.83-88, 2008.

CASTRO, D. M. **Efeito da variação sazonal, colheita selecionada e temperaturas de secagem sobre a produção de biomassa, rendimento e composição de óleos essenciais de folhas de *Lippia alba*** (Mill.)N. E. Br ex Britt.& Wilson (Verbenaceae). Botucatu: UNESP, 2001, 132 p.

CASTRO, E.M. et al. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, v.8, p.31-35. 1998.

CLARK, R.J; MENARY, R.C. Environmental effects on Peppermint (*Mentha piperia*) I. Effects of daylength, photon flux density, night temperatura and day temperatura on the yield and composition of peppermint oil. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.7, p.685-692, 1980.

CZEPAC, M.P. **Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito freqüências de colheita da menta (*Mentha arvensis* L)**. Piracicaba, ESALQ – USP, 1996. 45 p.

CZEPAK, M.P. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito freqüências de colheita da menta (*mentha arvensis*L.). In: MING, L. C. (ed). **Plantas medicinais aromáticas e condimentares**: avanços na pesquisa agrônômica. Botucatu: UNESP. p.53 -80. 1998.

GONÇALVES, L.A. **Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da radiação solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth** (Lamiaceae). (Tese mestrado) Lavras: UFLA. 2001, 95p.

LEE, D. W.et al. Effects of irradiance and espectrus quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast aian Hopea (Diptenocarpeceae) species. **American Journaul of Botany** v.87, p.447-455, 2000.

LETCHANO, W.; GOSSELIN, A. Transpiration essential oil gland, epicuticular wax, and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. **Journal Horticultural science** v.71, p.123-134, 1996.

LI, Y. L; CRAKER, L. E; POTTER, T. Effect of light level on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgaris*). **Acta Horticulturae** v.426, p.419-42, 1996.

LORENZI, H. & MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil**: nativas e exóticas. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2002, 512p.

MING, L.C. et al. Produção sazonal de óleo essencial em uma população natural de *Piper aduncum* L. em Adrianópolis – PR. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, supl.2, 2002.

MORENO, J.A.,1961.**Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p.

MUÑOZ, F. **Plantas Medicinales y Aromaticas**. Estúdio, Cultivo y Procesado. Ediciones Mundi prensa, Madrid, 1987. 365 p.

OLIVEIRA, C. B. A. et al. Composition and chemical variability in the essential oil of *Hyptis marrubioides* Epl. **Journal of Essential Oil Research**, v. 19, n. 6, p. 552-556, 2007.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO M.B.P. **Influência dos fatores climáticos na produção**. In: CASTRO, R. C. et al. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 71-81, 1987.

PAULUS, D. et al. Teor e composição química do óleo essencial e crescimento vegetativo de *Aloysia triphylla* em diferentes espaçamentos e épocas de colheita, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 372-379, mai/jun, 2013.

PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V. Textos acadêmicos: **cultivo e processamento de plantas medicinais**. Lavras: FAEPE/UFLA, 2002. 169p.

PUTIEVSKY, E.; RAVID, U.; DUDAI, N. The influence of season and harvest frequency on essential oil and herbal yields from a pure clone of sage (*Salvia officinalis* L.), grown under cultivated conditions. **Journal of Natural Products**, v. 29: p.326-329, 1986.

RAM, D.; RAM, M.; SINGH, R. **Optimization of water and nitrogen application to menthol mint (*Mentha arvensis* L.) through sugarcane trash mulch in a sandy loam soil of semi-arid subtropical climate**. Bioresource Technology, v.97, n.7, p. 885-93, 2005.

SANGWAN, N.S.; SANGWAN, R.S.; KUMAR, S. Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth regulation*, v. 34, p. 3-21, 2001.

SANTOS, A.S. et al. Embrapa Amozônia Ocidental. **Informe técnico**: Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. Belém, p.6, 2004.

SILVA, F. G. et al. Influence of radiation level on plant growth, yield, and quality of essential oil in carqueja. **Ciência e Agrotecnologia** v.30, p.52-57, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 5ªed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TAVEIRA, F.S.N. et al. **Seasonal essential oil variation of Anibacanelilla**
Biochemical Systematics and Ecology, v.31, n.1, p.69-75, 2003.

VALLADARES, F.; ALLEN, M. T.; PEARCY, R. W. Photosynthetic responses to dynamic Light under field conditions in six tropical rainforest shrubs occurring along a light gradient. **Oecologia**, v. 111, p. 505-514, 1997.

VENTRELLA, M.C.; MING, L.C. Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva-cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. **Horticultura Brasileira** v.18, p.972-974,2000.

4 DISCUSSÃO

As plantas aromáticas respondem a quantidade da radiação luminosa recebida, modificando o crescimento e desenvolvimento vegetal. A aclimatação das plantas depende de alterações complexas, pois está relacionada diretamente aos processos fisiológicos, bioquímicos, morfológicos e histológicos (PAULUS et al., 2013; LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2013, CLAUSSEN, 1996; GIVNISH, 1988; VALLADARES; NIINEMETS; 2008). As respostas das plantas a intensidade de radiação luminosa são diversas, sendo o estímulo de crescimento em altura, uma das respostas mais rápidas ao sombreamento (MORELLI; ROBERTTI, 2000). As plantas utilizam a energia solar para a produção de compostos orgânicos, que, nas espécies aromáticas, servem como precursores dos metabólitos secundários. Para *Aloysia triphylla* ocorre à produção de óleo essencial (CASTRO et al., 2001).

Muitos estudos são realizados com espécies aromáticas a fim de se cultivar as plantas em locais de maior potencial produtivo. *Aloysia triphylla* apresentou padrões de crescimento de plantas, rendimento e teor de óleo diferenciados em resposta a intensidade luminosa e as condições climáticas de cada estação do ano, como já observado por SILVA et al. (2006); BRANT et al. (2008); GOMES et al. (2009) e PAULUS et al. (2013).

Com os resultados obtidos foi possível verificar que o cultivo da *Aloysia triphylla* apresenta maior crescimento de planta e rendimento de óleo essencial nas estações verão e primavera, onde ocorrem as temperaturas ideais e níveis de radiação incidente requeridos pela cultura. Nessas estações a *Aloysia triphylla* tem produção superior de fitomassa fresca e seca de ramos, de área foliar e rendimento de óleo essencial. No verão, os ambientes sombreados apresentaram maior crescimento de planta e rendimento de óleo essencial. O maior rendimento de óleo nos maiores níveis de sombreamento pode estar relacionado com a não volatilização do óleo da superfície foliar, o que ocorre mais facilmente em temperaturas e radiação muito altas (GOMES et al., 2009).

Com a diminuição da luminosidade, ocorreu maior alocação de biomassa para a parte aérea das plantas, aumentando a absorção de luz nesta condição. Assim, o aumento na massa fresca de folhas, ramos e área foliar, resultou em maior absorção

da radiação disponível (GIVINISH, 1988; LARCHER, 2000). A área foliar é uma característica muito utilizada na avaliação da adaptação das plantas ao sombreamento, sendo relatada com um índice de produtividade (BENINCASA, 2003). A luz pode alterar o desenvolvimento, o tamanho e a espessura das folhas, aquelas que crescem sob altas intensidades luminosas são menores e apresentam menor área foliar em relação às folhas que crescem sob baixas intensidades luminosas, que tendem a expandir a área foliar (LARCHER, 2000; PINTO et al., 2007). Isto ocorre em função do consumo de fotoassimilados durante a expansão da área foliar. As alterações mencionadas proporcionam uma captação mais eficiente da radiação luminosa e aumentam a eficiência fotossintética da planta (FAHL et al., 1994; LAMBERS et al., 2008).

Verificou-se também que para altura de planta, até metade da estação o outono apresentou maior estatura em relação às demais estações. Essa maior estatura, no entanto, não foi favorável para o cultivo da *Aloysia triphylla*, uma vez que a produção de folhas nesta estação foi inferior às estações do verão e primavera. Houve alongamento pronunciado do caule no outono, porém, no verão e primavera, a planta desenvolveu mais ramificações, e conseqüentemente, produziu maior massa de folhas, resultando em maior rendimento de óleo.

Observa-se que, nas condições de baixas temperaturas e radiação solar ocorridas na estação do inverno e em partes do outono as plantas apresentaram baixa produção de massa fresca e seca de folhas. Essa baixa produção de fitomassa de parte aérea é resposta da planta nas condições adversas do ambiente, ocorrendo perda de folhas, queda de produção e estagnação do crescimento (PAULUS et al., 2013).

Desta forma, observa-se que a luz e a temperatura são os mais importantes fatores abióticos que afetam a fisiologia das plantas. No inverno a temperatura e insolação, por serem menores, causam diminuição do crescimento de planta e redução na produção de óleo (CZEPACK, 1996). Os efeitos da intensidade de radiação luminosa sobre o rendimento e teor de óleo essencial são variáveis conforme a espécie. O aumento significativo do rendimento de óleo essencial diante de diferentes níveis de radiação luminosa, esta diretamente relacionado ao aumento da produção de biomassa foliar nestas mesmas condições (SILVA et al., 2006).

E essa plasticidade fisiológica com as espécies aromáticas evidenciam diferentes comportamentos em relação aos fatores ambientais de cada estação do

ano e ao sombreamento. Os ajustes fisiológicos que ocorrem nas plantas são relacionados principalmente com a manutenção da eficiência do balanço entre o ganho de carbono, pela fotossíntese (CLARK; MENARY, 1980; LETCHANO; GOSSELIN, 1996; VOGELMANN et al., 1996; SMITH et al., 1997; PINTO et al., 2007). A redução da intensidade luminosa pode, muitas vezes, ficar aquém do ponto de saturação luminosa, reduzindo o processo fotossintético e, com isso, a produção de biomassa seca (LOPES et al., 1986). O inverso também pode ocorrer, ou seja, a redução da biomassa seca a pleno sol (CASTRO et al., 1998). Isso se deve à fotoinibição e à capacidade fotossintética que pode ser severamente reduzida, quando as plantas são expostas a altos níveis de radiação, superiores aos requeridos para saturar a fotossíntese.

As plantas demonstram responder de maneira distinta ao sombreamento e épocas do ano. A *Aloysia triphylla* emite folhas em processo continuado, havendo maturação e posterior senescência das folhas mais velhas, que secam ou caem dos ramos em determinada estação, diminuindo a biomassa foliar. Isso implica, necessariamente, ajuste de época de colheita antes da senescência das folhas (PAULUS et al., 2013). A escolha pela melhor época de cultivo e ambientes favoráveis para a produção de *Aloysia triphylla*, é um fator determinante para se obter uma maior quantidade de material vegetal fresco e conseqüentemente maior rendimento e teor de óleo essencial (TAIZ; ZEIGER, 2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ª Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41p.

BRANT, R.S.; et. al. Teor do óleo essencial de cidrão [*Aloysia triphylla* (L'Hér.) Britton] em função da variação sazonal. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**. Botucatu, v.10, n.2, p.83-88, 2008.

CALIXTO, J. B.; SIQUEIRA JÚNIOR, J. M. Desenvolvimento de Medicamentos no Brasil: Desafios. *Gazeta Médica da Bahia*, v. 78, p. 98-106, 2008.

CASTRO D. M. **Efeito da variação sazonal, colheita selecionada e temperaturas de secagem sobre a produção de biomassa, rendimento e composição de óleos essenciais de folhas de *Lippia alba* (Mill.)N. E. Br ex Britt.& Wilson** (Verbenaceae). Botucatu: UNESP, 2001, 132 p.

CASTRO E.M. et al. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea*(L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, v.8, p.31-35. 1998.

CAVASSIN, T.A. et al. Caracterização química de óleo essencial de parte aérea de *Aloysia triphylla*, Britton, Verbenácea, via CG/MS-MSD e sua conseguinte descrição anátomo-morfológica. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL. 16., 2000, Recife. **Livro de Resumos**. Recife, 2000.p.150.

CLARK, R.J.; MENARY, R.C. Environmental effects on Peppermint (*Mentha piperia* L.) I. Effects of daylength, photon flux density, night temperature and day temperature on the yield and composition of peppermint oil. **Australian Journal of Plant Physiology**. v.7, n.6, p.685-692, 1980.

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

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. **Boas Práticas Agrícolas de Plantas Mediciniais, Aromáticas e Condimentares**. 2.ed. Curitiba: EMATER, v. 1, 2009, 152p.

CORRÊA, R.M. et al. Rendimento de óleo essencial e caracterização de folhas de assa-peixe submetidas a diferentes métodos de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.2, p.341-346, 2004.

CZEPAC M.P. **Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito freqüências de colheita da menta (*Mentha arvensis*L)**, Piracicaba, ESALQ – USP, 1996,45 p.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; VEGA, J.; MAGALHAES, A. C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants(*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v. 69, p. 161-169, 1994.

GIVINISH, T. J. Adaptations to sun and shade: a whole plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.15, p.63-92, 1988.

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

GOMES, P. A. et al. **Influencia do sombreamento na produção de biomassa, óleo essencial e quantidade de tricomas glandulares em cidrão (*Lippia citriodora* Lam.)**. Biotemas (UFSC), v.22, n.4, p. 9-14, 2009.

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F.S.; PONS, T.L. **Plant Physiological Ecology**. Springer: New York (2a Ed.) 2008, 604p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LETCHANO, W.; GOSSELIN, A. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. **J. Hortic. Sci.**,Prague, v. 71, n. 1, p. 123- 134, 1996.

LIMA, H. R. P.; KAPLAN, M. A. C; CRUZ, A. V. M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, v.10, n. 2, p.71-77, 2003.

LORENZI, H. & MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2002, 512p.

MORELLI, G ; RUBERTI, I. Shade avoidance responses. Driving auxin along lateral routes. **Plant Physiology**, v.122 p. 621-626, 2000.

MUÑOZ, F. **Plantas Medicinales y Aromaticas**. Estúdio, Cultivo y Procesado. Ediciones Mundi prensa, Madrid, 1987. 365 p.

OLIVEIRA, C. B. A.; FERRI, P. H.; PAULA, J. R.; SERAPHIN, J. C. Composition and chemical variability in the essential oil of *Hyptis marrubioides* Epl. **Journal of Essential Oil Research**, v. 19, n. 6, p. 552-556, 2007.

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

PAULUS, D. et al. Teor e composição química do óleo essencial e crescimento vegetativo de *Aloysia triphylla* em diferentes espaçamentos e épocas de colheita, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 372-379, mai/jun, 2013.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V. Textos acadêmicos: **cultivo e processamento de plantas medicinais**. Lavras: FAEPE/UFLA, 2002. 169p.

SANGWAN, N.S.; SANGWAN, R.S.; KUMAR, S. **Regulation of essential oil production in plants**. Plant Growth regulation, v. 34, p. 3-21, 2001.

SCHEFFER, M.C. Fisiologia de produção de espécies medicinais, condimentares e aromáticas. In: WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. **Fisiologia Vegetal Produção e Pós Colheita**. Curitiba: Ed. Champagnat, 2002.

SILVA, F. G. et al. Influência do nível de radiação no crescimento da planta, rendimento e qualidade do óleo essencial de carqueja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 52-57, 2006.

SMITH, W. K. et al. Leaf form and Photosynthesis: do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide **Bioscience**, Washington, DC, v. 47, n. 11, p. 785-793, 1997.

SULTAN, S. E. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. **Evolution & Development**, v. 5, n.1, p. 25-33, 2003.

TAIZ, L. ; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TAVEIRA, F.S.N. et al. **Seasonal essential oil variation of Anibacanelilla** **Biochemical Systematics and Ecology**, v.31, n.1, p.69-75, 2003.

VALLADARES, F.; ALLEN, M. T.; PEARCY, R. W. Photosynthetic responses to dynamic Light under field conditions in six tropical rainforest shrubs occurring along a light gradient. **Oecologia**, v. 111, p. 505-514, 1997.

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.

VOGELMANN, T. C.; NISHIO, J. N.; SMITH, W. K. Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 1, n. 2, p. 65-70, 1996.