

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA,
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DO
ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia triphylla* EM FUNÇÃO
DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E SAZONALIDADE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Daiane Prochnow

**Frederico Westphalen, RS, Brasil
2015**

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Aloysia triphylla* EM FUNÇÃO DA
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E SAZONALIDADE**

Daiane Prochnow

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 a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Denise Schmidt

**Frederico Westphalen, RS, Brasil
2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Prochnow, Daiane

Crescimento, produção e qualidade do óleo essencial de *Aloysia triphylla* em função da disponibilidade hídrica e sazonalidade / Daiane Prochnow.-2015.

56 p.; 30cm

Orientadora: Denise Schmidt

Coorientador: Braulio Otomar Caron

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, CESNORS-FW, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2015

1. Plantas aromáticas 2. Cidró 3. Óleo essencial 4. Estresse Hídrico 5. Variação sazonal I. Schmidt, Denise II. Caron, Braulio Otomar III. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Campus Frederico Westphalen
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e
Ambiente**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL
DE *Aloysia triphylla* EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E
SAZONALIDADE**

Elaborada por
Daiane Prochnow

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMIDADORA:

Prof.^a Dr^a. Denise Schmidt
(Presidente/Orientadora)

Prof. Dr. Bráulio Otomar Caron
(Co-orientador)

Prof. Dr^a. Berta Maria Heinzmann

Dr^a. Carine Cocco

Frederico Westphalen, 10 de março de 2015

*Aos meus pais,
Arno e Marli , exemplos de
vida, que sempre me
apoiaram e acreditaram
em minhas vitórias e
ideais.*

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e por estar ao meu lado em todos os momentos.

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente (PPGAAA) pela oportunidade de cursar o Mestrado, propiciando-me o acesso à Pós-Graduação pública e de qualidade. Em especial à FAPERGS pela bolsa concedida.

A Prof. Dr. Denise Schmidt, pela confiança, orientação, por todo apoio necessário para condução deste trabalho e principalmente pela amizade. Ao Prof. Dr. Braulio Otomar Caron e Prof. Dr. Velci Queiróz de Souza pelos ensinamentos.

Aos meus pais, Arno e Marli, pelo amor, compreensão e dedicação para que pudesse realizar meu sonho, permanecendo sempre ao meu lado, me dando todo apoio necessário para que pudesse chegar até aqui.

Aos meus irmãos, Ederson e Glaucia pelo apoio e incentivo.

Ao Juliano Cesar, pelo carinho, amor, incentivo e apoio incondicional durante essa caminhada.

Aos meus amigos e colegas de laboratório, Francisco Dalla Nora, Leonardo Thiesen, Bruna Altissimo, Ezequiel Holz, Daniele Fontana, Fernando Pasini e Carine Cocco, pela ajuda, companheirismo e amizade, fundamentais para a execução da pesquisa.

Aos amigos que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando.

Enfim, a todos aqueles não citados, que contribuíram diretamente e indiretamente para que eu vencesse mais esta importante etapa de minha vida.

A todos vocês, **MUITO OBRIGADO.**

“Pouca ciência torna os homens orgulhosos, muita ciência torna os homens humildes. Assim, espigas vazias elevam a cabeça soberba, enquanto espigas cheias inclinam-se humildemente para a terra!”

(Anônimo)

RESUMO

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

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia triphylla* EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E SAZONALIDADE

AUTORA: DAIANE PROCHNOW

ORIENTADORA: DENISE SCHMIDT

Data e Local da Defesa: Frederico Westphalen, 10 de março de 2015.

O crescimento vegetativo, bem como a produção de óleo essencial e seus componentes é fortemente influenciado pelo fotoperíodo, temperatura, ocorrência de chuvas, dentre outros fatores que se modificam de acordo com o período sazonal. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho vegetativo e produtivo e qualitativo de *Aloysia triphylla* submetida a diferentes períodos de déficit hídrico, nas quatro estações do ano. O experimento foi conduzido em estufa plástica pertencente ao laboratório de agroclimatologia da UFSM *campus* de Frederico Westphalen - RS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso em um esquema bifatorial 5x4, sendo os tratamentos compostos por cinco períodos de déficit hídrico (3, 6, 9, 12 dias sem irrigação ou com irrigação diária) e quatro estações do ano (inverno, primavera, verão e outono), com cinco repetições. As avaliações foram realizadas no período que marcou a metade de cada estação do ano sendo coletado todo o material vegetativo. Os períodos de déficit hídrico não influenciaram o crescimento e produção de óleo essencial. As variáveis de crescimento apresentaram os maiores valores na estação do verão e outono, decaindo na estação do inverno. O maior teor de óleo essencial foi obtido na estação do verão em todos os tratamentos avaliados e os menores teores na estação do inverno. O citral é o componente majoritário, sendo que seu teor diminui no inverno e aumenta no outono e no verão. A estação do inverno favoreceu a concentração de componentes minoritários, com destaque para o óxido de cariofileno e espatulenol.

Palavras Chave: Cidrô. Metabólito secundários. Restrição hídrica. Crescimento vegetativo.

ABSTRACT

Master dissertation
Graduate Program in Agronomy: Agriculture and Environment
Federal University, of Santa Maria

GROWTH, PRODUCTION AND QUALITY OF ESSENTIAL OIL OF *Aloysia triphylla* DEPENDING ON THE WATER AVAILABILITY AND SEASON

AUTHOR: DAIANE PROCHNOW

ADVISOR: DENISE SCHMIDT

Defense Date and Place: Frederico Westphalen, March 10, 2015.

Vegetative growth, and essential oil yield and its components are strongly influenced by photoperiod, temperature, rainfall, and other factors that change according to the seasonal period. Thus, this study aimed to evaluate the vegetative and productive and qualitative performance of *Aloysia triphylla* When subjected to different periods of drought during the four seasons. The experiment was conducted in an agroclimatology laboratory greenhouse at UFSM, campus of Frederico Westphalen – RS. The experiment was conducted with a complete randomized block design in a 5x4 factorial scheme, the treatments consisting of five periods of water stress (3, 6, 9, 12 days without irrigation or daily irrigation) and four seasons (winter , spring, summer and fall); the study had five replications. The evaluations were performed in the period that marked the half of each season samples were collected throughout the growing material. Periods of drought did not affect the growth and essential oil production. Growth characters showed the highest values in the summer and autumn seasons, with the worst results in the winter. The highest essential oil content was obtained in the summer in all treatments and the lowest in the winter season. Citral is the major component of this oil, and it decreases in winter and increases in autumn and summer. The winter favors the concentration of minor components, especially caryophyllene oxide and spathulenol.

Keywords: Cidro. Secondary metabolite. Water restriction. Vegetative growth.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO E TEOR DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia triphylla* (L'HÉRIT) BRITTON EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE E DÉFICIT HÍDRICO

TABELA 1 - Caracterização física do solo da área experimental. Frederico Westphalen, RS, 2015..... 26

TABELA 2 - Caracterização química do solo da área experimental. Frederico Westphalen, RS, 2015..... 26

TABELA 3 - Médias de altura, área foliar, massa fresca de folhas, massa fresca de ramos, massa seca de folhas e massa seca de ramos de *Aloysia triphylla* nas diferentes estações do ano. Frederico Westphalen, RS, 2015..... 32

TABELA 4 - Médias de teor de óleo essencial e produção de óleo essencial de *Aloysia triphylla* por área em função de diferentes estações do ano e períodos de déficit hídrico. Frederico Westphalen, RS, 2015..... 33

CAPÍTULO 2: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia triphylla* (L'HÉRIT) BRITTON EM FUNÇÃO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA E SAZONALIDADE

Tabela 1: Caracterização física do solo da área experimental. Frederico Westphalen, RS. 2014..... 45

Tabela 2: Caracterização química do solo da área experimental. Frederico Westphalen, RS. 2014..... 45

Tabela 3: Constituintes químicos do óleo essencial (%) de *Aloysia triphylla* em função das estações do ano. Frederico Westphalen, RS. 2015..... 48

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO E TEOR DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia triphylla* (L'HÉRIT) BRITTON EM FUNÇÃO DA SAZONALIDADE E DÉFICIT HÍDRICO

Figura 1: Extrato do balanço hídrico mensal do período de condução do experimento. Frederico Westphalen, RS. 2015..... 28

Figura 2: Curva de retenção de água da área experimental em oito profundidades (0 a 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 15 cm, 15 a 20 cm, 20 a 25 cm, 25 a 30 cm, 30 a 35 cm e 35 a 40 cm), mostrando a umidade do solo (g/g) em diferentes potenciais matriciais. Frederico Westphalen, RS. 2015..... 29

Figura 3: Radiação solar, temperatura média, máxima e mínima nos dias de avaliação para as quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS. 2015..... 31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Óleos essenciais.....	14
2.2 Importância.....	15
2.3 Descrição da espécie	16
2.4 Estresse hídrico	17
2.5 Sazonalidade	18
2.6 Referencias bibliográficas.....	19
3 CAPÍTULO 1 - CRESCIMENTO E TEOR DE ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Aloysia triphylla</i> (L'HÉRIT) BRITTON EM FUNÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO E SAZONALIDADE	22
3.1 Resumo	22
3.2 Abstract.....	22
3.3 Introdução.....	23
3.4 Material e métodos	25
3.5 Resultados e discussão	28
3.6 Conclusões.....	36
3.7 Referências bibliográficas.....	37
4 CAPÍTULO 2: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Aloysia triphylla</i> (L'HÉRIT) BRITTON EM FUNÇÃO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA E SAZONALIDADE	40
4.1 Resumo	40
4.2 Abstract.....	40
4.3 Introdução.....	41
4.4 Material e métodos	43
4.5 Resultados e discussão	46
4.6 Conclusões.....	50
4.7 Referencias bibliográficas.....	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
5.1 Referências bibliográficas.....	55
6 CONCLUSÃO GERAL	56

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos antigos o ser humano sempre utilizou recursos naturais para aumentar suas chances de sobrevivência, melhorando suas condições de vida, vindo assim a perpetuar a espécie. As plantas medicinais e aromáticas são utilizadas de diversas maneiras, tanto na medicina popular, quanto como formas alternativas de controle de pragas, repelentes, cosméticos, dentre outros.

Atualmente, os óleos essenciais são extraídos de plantas através da técnica de arraste a vapor, na grande maioria das vezes, e também pela prensagem do pericarpo de frutos cítricos, que no Brasil dominam o mercado de exportação. São compostos principalmente de mono e sesquiterpenos e de fenilpropanoides, metabólitos que conferem suas características organolépticas (BIZZO, 2009).

A produção de óleos essenciais no setor industrial brasileiro desenvolveu-se a partir da década de 1940, com introdução, cultivo e produção dos óleos essenciais de menta, eucalipto, capim-limão e citronela, dentre outros (MARQUES, 2004), sendo o Brasil hoje o maior produtor mundial de óleo essencial cítrico. O óleo essencial de *Aloysia triphylla* possui ação espasmolítica e digestiva apresentando um grande valor comercial (UESUGI et al., 2003), servindo esta como uma fonte de renda no setor agrícola, principalmente em pequenas propriedades que dispõem de mão de obra familiar e necessitam aumentar a renda por unidade de área.

O clima exerce uma influência direta sobre a vegetação, assim como uma influência indireta, via solo. As informações obtidas dos diversos estudos fitoquímicos realizados sugerem que a síntese e o acúmulo de metabólitos secundários são suscetíveis à variação sazonal, geográfica e talvez até circadiana, apesar desta hipótese não ter sido ainda confirmada devido à escassez de trabalhos que enfoquem esses parâmetros (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Antes de iniciar o cultivo de plantas medicinais e aromáticas em escala comercial, faz-se necessário conhecer o comportamento da espécie em relação às características climáticas da região de plantio, aos tratos culturais e aos fatores bióticos que são responsáveis pelo desenvolvimento da planta (SCHWERZ, 2013). De acordo com Silva et al., (2002), poucos são os trabalhos referentes ao efeito da deficiência hídrica em plantas medicinais, principalmente em relação aos produtos

do metabolismo secundário. O efeito varia com o tipo, a intensidade e a duração do estresse, podendo aumentar ou diminuir o teor de óleos essenciais.

Com base no exposto acima, o presente trabalho teve como objetivo determinar a influência da deficiência hídrica e da variação sazonal, aliada aos fatores meteorológicos, no crescimento, produção e qualidade do óleo essencial de *Aloysia triphylla*, tendo formulado as seguintes hipóteses:

- A área foliar e a produção de biomassa serão afetadas com a deficiência hídrica;
- O crescimento e a produção de biomassa serão maiores nas estações mais quentes;
- O teor de óleo essencial será maior com a deficiência hídrica associada às estações mais quentes;
- Os componentes do óleo essencial serão afetados com a deficiência hídrica e a sazonalidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Óleos essenciais

A International Standard Organization (ISO) define óleos essenciais como produtos obtidos de partes de plantas, por meio de destilação por arraste de vapor d'água, como também por prensagem do pericarpo de frutos cítricos (SILVA, 2005).

Existem cerca de 40 mil substâncias diferentes identificadas a partir da análise do metabolismo secundário vegetal, sendo na grande maioria micromoléculas que indicam vantagem ecológica competitiva para o organismo produtor. Esses compostos estão envolvidos na defesa contra herbívoros e patógenos, como atrativos para polinizadores e dispersão de sementes por animais, controle da germinação de sementes e inibição das espécies de plantas concorrentes (alelopatia) e na simbiose entre plantas e microrganismos, sendo parte integrante das interações de espécies em comunidades vegetais e animais (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os óleos essenciais também possuem ação protetora em relação a estresse abiótico, como aqueles associados com mudanças de temperatura, conteúdo de água, níveis de luz, exposição à UV e deficiência de nutrientes minerais (CASTRO et al., 2005).

Os óleos essenciais geralmente são incolores ou amarelados. São pouco estáveis principalmente em presença de ar, luz, calor umidade e metais, sendo a maioria opticamente ativa, propriedades estas usadas na sua identificação e controle de qualidade (PINTO ; BERTOLUCCI, 2002).

Os componentes dos óleos essenciais são substâncias que apresentam as características de volatilidade e baixo peso molecular. Normalmente são líquidos de aparência oleosa, odoríferos, solúveis em solventes orgânicos e em água tem solubilidade limitada. São misturas complexas de substâncias voláteis que apresentam em sua constituição química fenilpropanóides, monoterpenos e sesquiterpenos, havendo predominância de monoterpenos (85%) e sesquiterpenos (10 a 15 %) (CARDOSO; SHAN; PINTO, 2001)

Os óleos essenciais são produzidos e armazenados pelas plantas em estruturas especializadas, tais como idioblastos, cavidades, canais e tricomas glandulares. (WOLFFENBÜTTEL, 2010).

2.2 Importância

Estima-se que no Brasil, aproximadamente 25% dos US\$ 8 bilhões do faturamento da indústria farmacêutica nacional sejam originados de medicamentos derivados de plantas. Podemos considerar ainda que apenas cerca de 8% das espécies vegetais da flora brasileira foram estudadas em busca de compostos bioativos e 1100 espécies vegetais foram avaliadas em suas propriedades medicinais (SANTOS; SERAFINI; CASSEL, 2003). Dos medicamentos atualmente produzidos pelas indústrias e comercializados nas farmácias e drogarias, 25% têm componentes químicos de plantas, sendo que no caso dos medicamentos homeopáticos, esta porcentagem aumenta para 60% (CORRÊA; BATISTA; QUINTAS, 2003).

O Brasil tem lugar de destaque na produção de óleos essenciais, ao lado da Índia, China e Indonésia, que são considerados os quatro grandes produtores mundiais. A posição do Brasil deve-se aos óleos essenciais cítricos, que são subprodutos da indústria de sucos. No passado, o país teve destaque como exportador de óleos essenciais de pau-rosa, sassafrás e menta. Nos dois últimos casos, passou à condição de importador. Apesar do destaque na produção mundial, o país sofre de problemas crônicos como falta de manutenção do padrão de qualidade, representatividade nacional e baixos investimentos governamentais no setor, que levam ao quadro estacionário observado. (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

Em sua forma bruta ou processada, os óleos essenciais possuem componentes químicos que são usados industrialmente como fixadores, fragrâncias, aromas e condimentos. Na escala mundial de produção, cerca de 20 óleos essenciais representam quase 75% do total produzido. Por outro lado, no mundo são registradas mais de 300 substâncias de aplicação industrial e mesmo que não

representem grandes volumes de produção, envolvem importantes trocas comerciais (MIGUEL, 2012).

2.3 Descrição da espécie

Aloysia triphylla (L'Hérit) Britton (Verbenaceae) é conhecida popularmente como cidró, cidrão, limonete e possui a sinonímia científica *Lippia citriodora*. Possui de 2 a 3 metros de altura, é nativa da região geográfica que inclui territórios pertencentes à Argentina, Uruguai, Paraguai, Chile (GATTUSO, et al., 2008) e provavelmente sul do Brasil. É adstringente e aromática, rica em óleo volátil, que age como sedativo brando (LORENZI; MATOS, 2002).

A espécie prefere solos de consistência média, soltos, permeáveis, profundos, com pH entre 6,5 e 7,2, bem fresco mas não com excesso de humidade, pois o excesso de água promove a podridão radicular (HERBOTECNIA, 2015). O mesmo autor cita que quanto ao clima, se adapta melhor ao subtropical a temperado, sendo que com frio intenso tende a perder as folhas. É favorecida por uma boa iluminação, o que influencia a síntese e acúmulo de óleos essenciais e seus teores. O sombreamento propicia folhas maiores e pobres em substâncias ativas. O vento excessivo é um elemento meteorológico desfavorável, pois sua ação aumenta a evaporação do óleo essencial, causando baixa produção por unidade de área.

A *Aloysia triphylla* tem maior crescimento vegetativo em meados de outubro, ou seja, na primavera, atingindo seu máximo crescimento até a metade do verão, quando começa a diferenciação floral, por volta do mês de fevereiro (BRANT, et al., 2008). O florescimento e formação das sementes vão até a metade do outono, sendo que no início do inverno começa haver senescência e abscisão foliar. Nesse período a espécie mantém poucas folhas, podendo vir a ocorrer abscisão foliar completa com a ocorrência de geadas, havendo retomada do crescimento no início da primavera .

O óleo essencial está localizado em maior quantidade nas folhas, sendo que Gattuzo et al. (2008), ao avaliarem a anatomia de plantas de *Aloysia citriodora* cultivadas na Argentina, observaram que há presença de tricomas glandulares em ambas as faces das folhas, mas com maior abundância na face inferior, sendo que

os tricomas glandulares menores, unicelulares, ocorrem em larga escala na face inferior agrupados em depressões foliares. Ventrella, (2000), ao avaliar a anatomia foliar de *Lippia alba*, espécie da mesma família botânica, observou grande concentrações de óleo essencial em todo parênquima clorofiliano, sugerindo uma relação direta entre a taxa fotossintética e a produção de óleo essencial. Também identificou a presença de tricomas secretores capitados com número de células variáveis e apresentando gotas de óleo.

Análises fitoquímicas do óleo essencial das folhas de cidó revelaram a presença predominante de citral, além de limoneno, citroneol, geraniol, alfa e beta pineno, cineol, etil-eugenol, linalol e outros. Suas folhas retêm o aroma de citral, mesmo após a secagem, o que a torna um componente indispensável nos potpourris, muito empregados para aromatizar residências na Europa (LORENZI; MATOS, 2002).

O componente químico de maior interesse, extraído de *Aloysia triphylla* é o citral, substância que confere grande importância do óleo essencial, utilizado pelas indústrias farmacêutica e cosmética. Além do seu uso como perfume, o citral é empregado na síntese de ionona (perfume da violeta), beta-caroteno e vitamina A (CZEPAK; CRUCIOL, 2003).

2.4 Estresse hídrico

De maneira geral, são poucas as informações disponíveis do ponto de vista agrônômico que evidenciem o desempenho das plantas medicinais, aromáticas e condimentares quando submetidas às técnicas de produção agrícola. Desta maneira, também são poucos os trabalhos referentes ao efeito do estresse hídrico em plantas medicinais (PRAVUSCHI et al., 2010).

A aclimação das plantas em condições de estresse é influenciada pela duração e magnitude do estresse, além da variabilidade genética. A concentração de óleos essenciais nas plantas depende do controle genético e também das interações genótipo e ambiente, que podem ser desencadeadas em condições de estresse, ou seja, excesso ou deficiência de algum fator do meio ambiente, como água, luz, temperatura, nutrientes, dentre outros (SILVA et al., 2002).

A água é essencial à vida e ao metabolismo das plantas, portanto, seria esperado que em ambientes mais úmidos a produção de óleo essencial fosse maior. No entanto, para algumas plantas medicinais a maior disponibilidade de água pode diminuir a produção de óleo essencial. Alguns estudos têm verificado que plantas com deficiência hídrica são mais vulneráveis a pragas e doenças, porém a resposta quanto às defesas químicas de muitas espécies ainda não está bem esclarecida.

Em ensaios realizados em casa de vegetação com diferentes acessos de *Polygonum punctatum*, Lopes et al. (2001) avaliaram a influência de regimes hídricos (ambiente úmido, moderadamente úmido e seco) na produção de óleo essencial e observaram maior rendimento no ambiente seco que nos demais ambientes. Este resultado demonstra que o aumento na biossíntese do óleo essencial pode funcionar como resposta adaptativa ao estresse hídrico, relacionando-se alguma resposta fisiológica às variações ambientais.

Um dos fatores relevantes na alteração do rendimento e composição química dos óleos essenciais é a precipitação. Chuvas intensas e constantes podem resultar na perda de substâncias hidrossolúveis presentes principalmente nas folhas e flores. Recomenda-se aguardar aproximadamente três dias após o cessar das chuvas para realizar a coleta, para que os teores de óleo essencial possam voltar a se elevar (MORAIS, 2009).

2.5 Sazonalidade

A época em que uma planta é coletada é um dos fatores de maior importância, visto que a quantidade e até mesmo a natureza dos constituintes ativos não é constante durante todo ano. Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2007) são relatadas variações sazonais no conteúdo de praticamente todas as classes de metabólitos secundários, como óleos essenciais, lactonas sesquiterpênicas, alcalóides, taninos, ácidos fenólicos, flavonóides, cumarinas, saponinas, graxas epicuticulares, iridóides, glucosinolatos e glicosídeos cianogênicos.

O efeito da sazonalidade no crescimento, desenvolvimento e teor de substâncias ativas dos vegetais nada mais é do que a combinação dos elementos

climáticos (vento, temperatura, umidade, luz, pluviosidade) que ocorrem de maneira diversificada ao longo das quatro estações do ano (PINTO; BERTOLUCCI, 2002).

Paulus et al. (2013) observaram que a sazonalidade é um fator de importância, visto que a quantidade e a natureza dos constituintes químicos ativos não são constantes durante o ano. O mês de fevereiro resultou em uma maior produção de óleo essencial de *Aloysia triphylla*, quando também foram observados os maiores teores de geranial (37,16 e 37,36%) e neral (29,31 e 29,04%), principalmente nos meses de janeiro e março, constituintes estes desejados para sua comercialização.

2.6 Referencias bibliográficas

BRANT, R. S et al. Teor do óleo essencial de cidrão (*Aloysia triphylla* (L'Herit) Britton) em função da variação sazonal. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 10, p. 83-88, 2008.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; RESENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, Vol. 32, Nº. 3, 588-594, 2009.

CARDOSO, M. G.; SHAN, A. Y. K. V.; PINTO, J. E. B. P. **Metabólitos secundários vegetais: visão geral química e medicinal**. Lavras: UFLA, 2001. 80 P. (textos acadêmicos).

CASTRO, P. R. C. et al. **Manual de fisiologia vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. 651p.

CORRÊA, A. D.; BATISTA, R. S.; QUINTAS, L. E. M. **Plantas medicinais: do cultivo à terapêutica**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2003.

CZEPAK M. P.; CRUCIOL C. A. C. Produtividade e composição do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) STAPF) em diferentes arranjos espaciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PLANTAS MEDICINAIS: DIAGNÓSTICO E PERSPECTIVAS. 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agronômico. p.113 - 115. 2003.

GATTUSO, S. et al. Morpho-histological and quantitative parameters in the characterization of lemon verbena (*Aloysia citriodora palau*) from Argentina. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**. v.7, n. 4, p. 190 – 198. 2008.

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

HERBOTECNIA. *Aloysia triphylla*. Disponível em: <<http://www.herbotecnia.com.ar/aut-cedron.html>> Acesso em: 03 de fevereiro de 2015.

LOPES R. C.; CASALI VWD; BARBOSA LCA; CECON PR. Influência de três regimes hídricos na produção de óleo essencial em sete acessos de *Polygonum punctatum* Ell. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. V. 3: p. 7-10, 2001.

LORENZI H.; MATOS FSA. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum. p.486. 2002.

MARQUES, M. O. M. **Óleos essenciais: produção e comercialização**. In: ENCONTRO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 18. 2004, Lavras. [**Palestras**] Lavras: Sociedade Brasileira de Química, 2004. CD ROM.

MIGUEL, L. M. **A biodiversidade na indústria de cosméticos: contexto internacional e mercado brasileiro**. 2012. 273 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana), Universidade de São Paulo. 2012.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura brasileira**. v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), agosto 2009.

PAULUS D. et al. Teor e composição química de óleo essencial de cidró em função da sazonalidade e horário de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 203-209. 2013.

PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, SKV. **Cultivo e processamento de plantas medicianis**. Lavras: UFLA, 2002. p.47.

PRAVUSCHI, P. R. et al. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 687-693, 2010.

SANTOS, A. C. A.; SERAFINI, L. A.; CASSEL, E. **Estudos de processos de extração de óleos essenciais e bioflavonóides de frutas cítricas**. Caxias do Sul: Educs, 2003. 112 p.

SILVA, R. **Crescimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla* (L'Hérit) Britton (Verbenaceae), em função da adubação orgânica, sazonalidade, horário de colheita, processamento pós-colheita**. 2005. 66 f. Dissertação (mestrado em agronomia). UFV. 2005.

SILVA, S. R. S. et al. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

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

WOLFFENBÜTTEL, A. N. **Base química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica**. São Paulo: Roca, 2010.

3 CAPÍTULO 1 - CRESCIMENTO E TEOR DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia triphylla* (L'HÉRIT) BRITTON EM FUNÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO E SAZONALIDADE

3.1 Resumo

O crescimento vegetativo, bem como a produção de óleo essencial é fortemente influenciado pelo fotoperíodo, temperatura, ocorrência de chuvas, dentre outros fatores que se modificam no decorrer do ano de acordo com o período sazonal. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho vegetativo e produtivo da *Aloysia triphylla* submetida a diferentes períodos de déficit hídrico, nas quatro estações do ano. O experimento foi conduzido em estufa plástica pertencente ao laboratório de agroclimatologia da UFSM *campus* de Frederico Westphalen - RS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso em um esquema bifatorial 5x4, sendo os tratamentos compostos por cinco períodos de déficit hídrico (3, 6, 9, 12 dias sem irrigação ou com irrigação diária) e quatro estações do ano (inverno, primavera, verão e outono), com cinco repetições. As avaliações foram realizadas no período que marcou a metade de cada estação do ano, sendo coletado todo o material vegetativo. As variáveis de crescimento apresentaram desempenho superior nas estações do verão e outono, tendo as menores médias na estação do inverno. Maiores teores de óleo essencial foram obtidos na estação do verão em todos os tratamentos avaliados e os menores teores na estação do inverno. A disponibilidade hídrica não interferiu no desempenho das variáveis avaliadas, sendo que estes foram influenciados pelos elementos meteorológicos devido à sazonalidade.

Palavras chave: Cidrô. Restrição hídrica. Crescimento vegetativo. Planta aromática. Variabilidade sazonal.

3.2 Abstract

The vegetative growth and the essential oil production is strongly influenced by photoperiod, temperature, rainfall, and other factors that change throughout the year

according to the seasonal period. Thus, this study aimed to evaluate the vegetative and productive performance of *Aloysia triphylla* when subjected to different periods of drought in each of the four seasons. The experiment was conducted in an agroclimatology laboratory greenhouse at UFSM, campus of Frederico Westphalen – RS. The experiment was conducted with a complete randomized block design in a 5x4 factorial scheme, with the treatments consisting of five periods of water stress (3, 6, 9, 12 days without irrigation or daily irrigation) and four seasons (winter, spring, summer and autumn), the study had five replications. The evaluations were performed in the period that marked the half of each season, samples were collected throughout the growing material. Growth variables were superior in the summer and autumn, with the worst results in the winter. The greatest amount essential oil content was obtained in the summer in all treatments and the lowest levels were seen in the winter. The water availability not directly interfere with the results, these were influenced by meteorological elements due to seasonality.

Keywords: Cidrô. Water restriction. Vegetative growth. Aromatic plant. seasonal variability.

3.3 Introdução

Aloysia triphylla (Lamiaceae) é uma planta medicinal e aromática usada na medicina popular em vários países. Seu óleo essencial age como sedativo brando, auxilia na digestão e atua contra resfriados. Em aromaterapia essa espécie é usada contra problemas nervosos e digestivos. Na culinária é servida como recheio de bolos, no preparo de licores, sucos, pães e para dar aroma às carnes (LORENZI; MATOS, 2008).

A biossíntese dos metabólitos secundários é um processo complexo e está relacionado a fatores genéticos (PROBST, et al., 2011). No entanto, dentre as funções fisiológicas das substâncias ativas nas plantas é citada a ação protetora em relação a estresses ambientais, podendo estar sujeita à influência de fatores ambientais como temperatura, conteúdo de água, intensidade de luz, exposição à

radiação UV e deficiência nutricional (CASTRO et al., 2005). Estes fatores podem interferir na qualidade e quantidade dos metabólitos secundários (GOBBO-NETO; LOPES, 2007). Assim, tem-se observado que o comportamento das plantas medicinais é muito influenciado por déficits hídricos, em termos de produção e formação de compostos, tais como alcalóides, flavonóides, partenolideos e óleos essenciais (ALVARENGA et al., 2011).

Sabe-se que em várias plantas o estresse ambiental aumenta o acúmulo de compostos fenólicos. Plantas submetidas a estresses controlados podem desenvolver mudanças nos níveis de metabólitos secundários presentes em seu tecido, alguns dos quais podem ser de interesse medicinal (KEINANEN, 1999).

Estudos realizados com o objetivo de avaliar a influência do estresse hídrico na composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum* demonstraram que, sob condições de estresse, houve redução no rendimento de massa seca total, ocorrendo, porém, um rendimento de óleo essencial duas vezes maior (SIMON et al., 1992). Os autores observaram também uma significativa alteração na constituição do óleo, com redução no percentual de sesquiterpenos e aumento no percentual de linalol e metilchavicol. Em condições de estresse hídrico, vários processos fisiológicos e metabólicos nas plantas são alterados, tais como: fotossíntese, abertura estomática, produção de ácido abscísico, abscisão foliar e ajuste osmótico (TAIZ; ZEIGER, 2013), declínio na taxa de crescimento, acúmulo de solutos e antioxidantes e a expressão de genes específicos de estresse (SILVA; CASALI, 2000), conseqüentemente alterando a produção de óleo essencial.

A sazonalidade também exerce grande impacto no crescimento, desenvolvimento, bem como no teor de substâncias ativas das plantas, isso devido à combinação dos fatores ambientais que ocorrem de maneira diversificada ao longo das quatro estações do ano (PINTO; BERTOLUCCI, 2002). O crescimento vegetativo, bem como a produção de óleo essencial é fortemente influenciada pelo fotoperíodo, temperatura, ocorrência de chuvas, radiação solar, dentre outros fatores que se modificam no decorrer do ano de acordo com o período sazonal.

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes períodos de estresse hídrico antes da colheita, sobre a produção de biomassa e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla*.

3.4 Material e métodos

O estudo foi conduzido em ambiente protegido, na Universidade Federal de Santa Maria/Campus de Frederico Westphalen – RS, com localização geográfica de 27° 23' de latitude sul, 53° 25' de longitude oeste e altitude de 490 m, no período de abril de 2013 a maio de 2014. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, com temperatura média anual em torno de 18 °C, com máximas no verão podendo atingir 41 °C e mínimas no inverno atingindo valores inferiores a 0 °C. A precipitação média anual é elevada, geralmente entre 1.800 e 2.100 mm, bem distribuídos ao longo do ano (MALUF, 2000).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, em esquema bifatorial 5x4, com cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco períodos de déficit hídrico (0, 3, 6, 9 ou 12 dias) e quatro estações do ano (inverno, primavera, verão e outono). As unidades experimentais foram compostas por duas plantas de *Aloysia triphylla*, espaçadas em 0,8 m entre plantas e 1 m nas entrelinhas, totalizando 10 plantas em avaliação.

As mudas foram produzidas em tubetes com substrato comercial, a partir de uma matriz localizada no horto de espécies medicinais da UFSM campus Frederico Westphalen, utilizando o método de estaquia, com estacas de 25 cm de comprimento. Aplicou-se ácido indol-butírico nas estacas, na concentração de 1000 ppm, objetivando-se rápido enraizamento das mesmas. As estacas receberam duas regas diárias.

Após o enraizamento foram transplantadas para a estufa no dia 12 de abril de 2013 com revolvimento prévio do solo, sem a aplicação de adubação. A irrigação foi realizada com fitas de gotejamento diariamente durante o período de cultivo, sendo aplicados os períodos de déficit hídrico somente nos momentos de avaliação, conforme acima descrito.

O experimento foi conduzido no solo, no interior da estufa, sendo classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico (EMBRAPA, 2006), sendo que nas Tabelas 1 e 2 estão descritas as características físicas e químicas, obtidas a partir de análise em laboratório.

O ambiente de cultivo no qual foi realizado o presente trabalho é caracterizado por apresentar cobertura em forma de arco com filme plástico de 150 micras de

espessura, com um pé direito de 3,5 m de altura e dimensões de 10 metros de largura e 20 metros de comprimento, sendo o manejo das cortinas realizado diariamente com a finalidade de favorecer a ventilação reduzindo a amplitude térmica, evitar a circulação de ventos fortes e a entrada de água advinda de chuvas. No interior da mesma instalou-se uma estação meteorológica compacta modelo ISIS S1220 da Squiter do Brasil, com a finalidade de caracterizar o ambiente no qual se deu a condução da espécie. Os dados de precipitação para o cálculo do balanço hídrico mensal, foram obtidos através da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada a 500m do local do experimento e após foi utilizado o programa para cálculo dos Balanços hídricos climatológicos do Brasil (SENTELHAS et al., 1999).

Tabela 1: Caracterização física do solo da área experimental. Frederico Westphalen, RS. 2015.

Profundidade	Teor (%)			Tipo de solo
	Areia	Silte	Argila	
0-50	23,2	28,5	48,3	3*

*Instrução Normativa Nº 2/2008 (MAPA).

Tabela 2: Caracterização química do solo da área experimental. Frederico Westphalen, RS. 2015.

pH	Índice SMP	P	K	M.O.	Al	Ca	Mg	CTC	H + Al	% Sat. da CTC	
		mg/L		%			cmolc/L		Bases	Al	
5,7	6,1	5,0	128,5	3,9	0,0	12,5	4,8	20,9	3,3	84,2	0,0

Ph – Potencial de hidrogênio; Índice SMP – Método de estimativa da acidez potencial; P- Fósforo; K – Potássio; M.O. – Matéria orgânica; Al – Alumínio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; H + Al – Acidez potencial; CTC – Capacidade de troca de cátions.

Para a obtenção da curva de retenção de água do solo, foram coletadas amostras de solo em anéis cilíndricos de volume conhecidos em oito profundidades diferentes (0 a 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 15 cm, 15 a 20 cm, 20 a 25 cm, 25 a 30 cm, 30 a 35 cm e 35 a 40 cm). Foram coletadas três repetições na área experimental, sendo estas saturadas e após expostas às tensões de 1, 3, 6, 10, 33, 100 e 150 Kpa, com auxílio de uma câmara de pressão. As curvas de retenção de água foram obtidas

através do programa Soil Water Retention Curve v. 3.00 beta (DOURADO-NETO, et al., 2003).

Os períodos de exposição ao déficit hídrico foram de três dias sem receber irrigação, seis dias sem irrigação, nove dias sem irrigação, 12 dias sem irrigação e um tratamento com irrigação mantida durante todo período, sendo realizada a colheita logo após. O efeito da sazonalidade foi mensurado a partir da coleta das plantas, as quais foram realizadas nos períodos que marcaram a metade de cada estação do ano, sendo no inverno do dia 29 de julho a oito de agosto, na primavera do dia seis de novembro a 15 de novembro, no verão do dia sete de fevereiro a 16 de fevereiro e no outono do dia 15 de maio a 26 de maio.

As variáveis analisadas foram: área foliar ($\text{cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$), massa fresca de ramos ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$), massa seca de ramos ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$), massa fresca de folhas ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$), massa seca de folhas ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$), altura de planta, teor de óleo essencial (%) e produção de óleo por hectare (Kg).

A área foliar foi determinada com o uso de discos de 12 mm de diâmetro, sendo os mesmos secos e após pesados para fazer o cálculo de área foliar em relação à massa seca de folhas. A massa fresca e seca de folhas e ramos foi determinada através da coleta de todo material vegetativo de todas as plantas de avaliação. Após a aferição da massa fresca, destinou-se parte da massa de folhas e todos os ramos para determinação do teor de umidade do material em estufa de circulação de ar forçada a 60° por 96 horas, posteriormente procedeu-se a correção dos valores para massa seca.

O óleo essencial em todas as coletas (inverno, primavera, verão e outono) foi extraído por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger modificado por três horas, com cinco repetições por tratamento. Foram utilizadas folhas de duas plantas por unidade experimental, com massa variando de acordo com a estação do ano, devido à disponibilidade de folhas, sendo que no inverno utilizou-se 60 g de massa fresca de folhas por repetição, na primavera, verão e outono foram utilizados 350 gramas de massa fresca de folhas por repetição, colhida às 8h da manhã. O teor de óleo foi obtido através da fórmula:

$$T\% = \text{Massa do óleo (g)} / \text{Massa fresca de folhas} \times 100$$

Os resultados foram submetidos à análise da variância através do Software “Statistical Analysis System” (SAS LEARNING EDITION, 2000). Aos parâmetros em

que se rejeitou a hipótese de igualdade a 5% de probabilidade de erro procedeu-se a comparação de médias pelo teste de Tukey para todos os fatores.

3.5 Resultados e discussão

Durante o período estudado observou-se que o balanço hídrico mensal (Figura 1), apresentou excesso de água em grande parte do cultivo, sendo que houve déficit somente no mês de fevereiro. No período de avaliação do verão, as plantas de *Aloysia trihylla* ainda não haviam sido expostas ao déficit hídrico, pois este só ocorreu a partir da metade de fevereiro, sendo que a avaliação ocorreu no início do mesmo mês.

Nos demais períodos de avaliação sempre houve excedente de água no solo. Mesmo com o cultivo em ambiente protegido, quando o cultivo é feito diretamente no solo, há a influência da precipitação, pois ocorre à entrada de água oriunda de chuvas, através de gradiente de concentração existente no solo, no qual a água desloca-se de zonas mais úmidas para zonas com menor umidade.

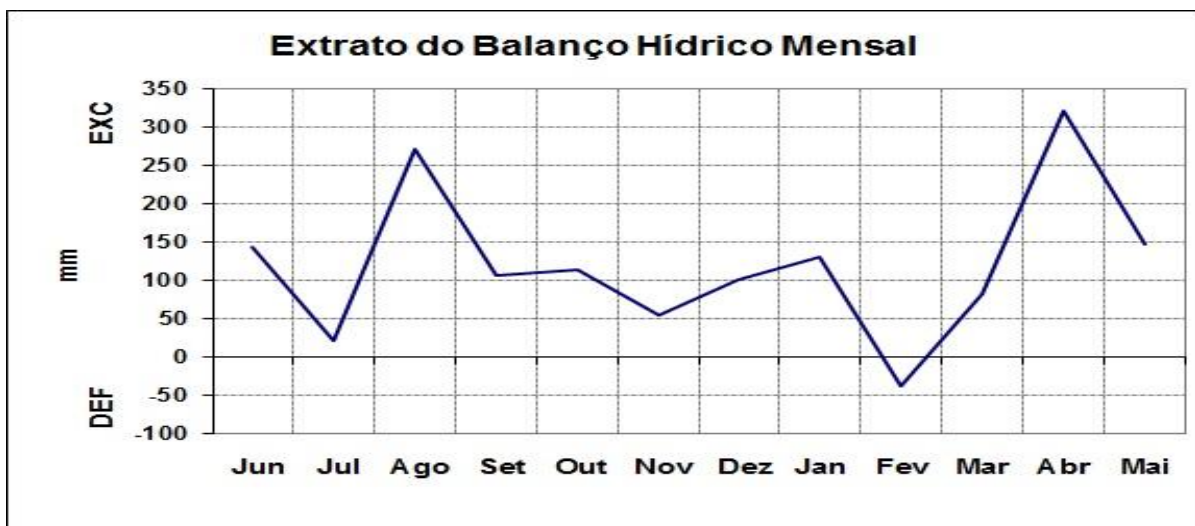


Figura 1: Extrato do balanço hídrico mensal do período de condução do experimento. Frederico Westphalen, RS. 2015.

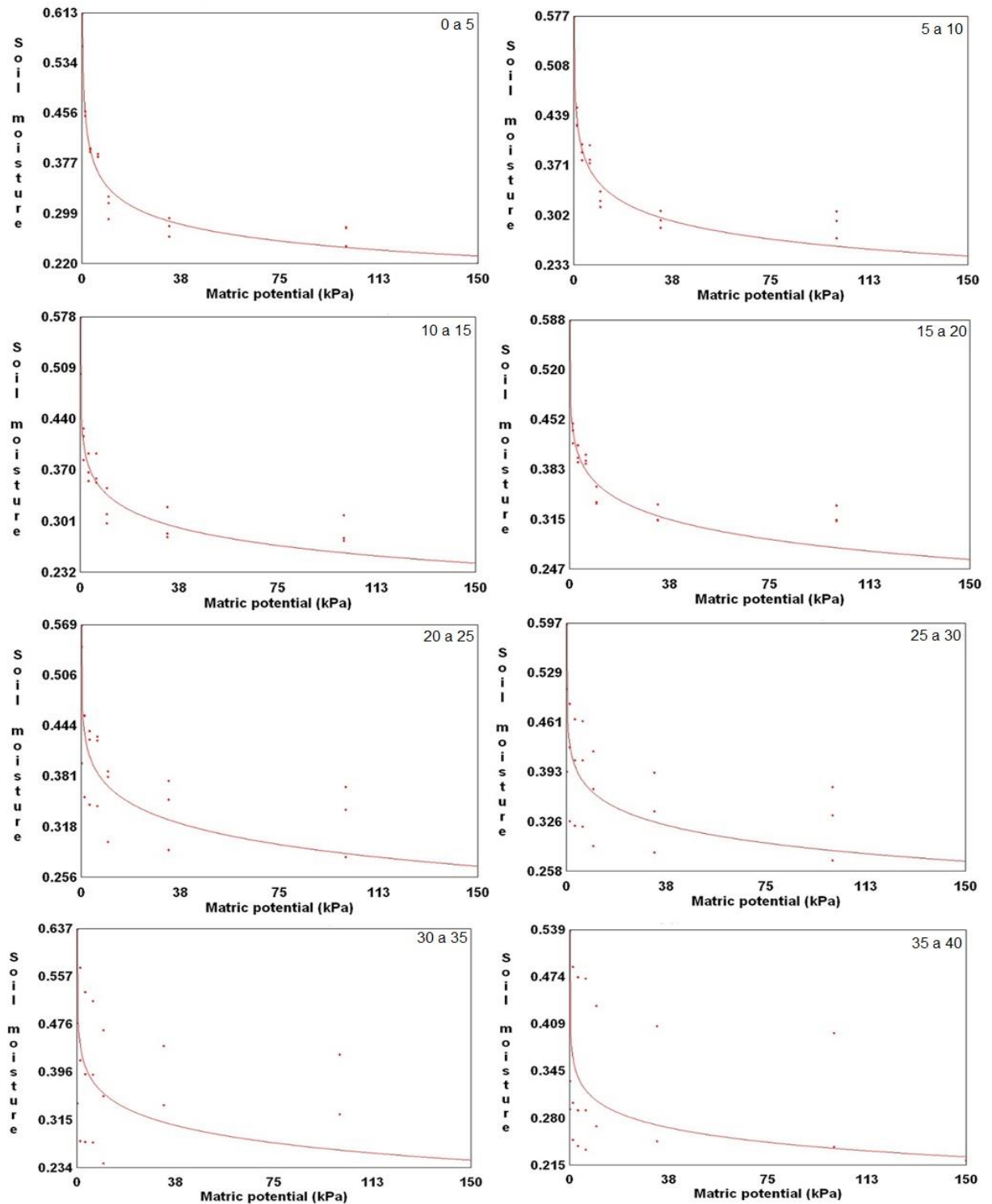


Figura 2: Curva de retenção de água da área experimental em oito profundidades (0 a 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 15 cm, 15 a 20 cm, 20 a 25 cm, 25 a 30 cm, 30 a 35 cm e 35 a 40 cm), mostrando a umidade do solo (g/g) em diferentes potenciais matriciais. Frederico Westphalen, RS. 2015.

Aliando estas informações com a curva de retenção de água do solo (Figura 2), podemos observar que além do excedente de umidade, o solo utilizado para o cultivo tem um alto poder de retenção de água, mesmo nas diferentes profundidades analisadas, sendo que na profundidade de 0-40 cm concentra-se a maior parte das raízes das plantas, mostrando que apesar da suspensão da irrigação por diferentes períodos, as plantas não sofreram déficit hídrico severo.

No período de cultivo houve grandes variações na radiação solar incidente no experimento (Figura 3). Na estação do inverno as plantas foram expostas a uma menor radiação, em torno de 250 a 300 Watts/m², aumentando gradativamente na primavera, até atingir em média de 400 a 450 Watts/m², mantendo-se nesta faixa durante todo o período do verão. A partir do início do outono, verificou-se redução gradativa até valores de 250 Watts/m². Nas avaliações do inverno e outono, verificou-se a ocorrência de dias com baixa radiação, devido a nebulosidades, nevoeiros e precipitações, atingindo níveis de radiação abaixo de 50 Watts/m² em alguns dias.

Durante o crescimento vegetativo nas estações do inverno e da primavera, ocorreram diversos dias em que a radiação ficou em níveis baixos, mantendo-se abaixo de 100 Watts/m². Já na estação do verão e do outono, a ocorrência de dias nublados e/ou com precipitação foram menores, o que resultou em maior período com alta radiação, fator esse que vem a favorecer o crescimento vegetativo da espécie estudada.

Neste sentido, Taiz e Zeiger (2013) relatam que a disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Toda energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o CO₂ atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar.

De acordo com os dados coletados pela estação meteorológica portátil instalada no interior do ambiente de cultivo (Figura 3), observa-se que no período do inverno a temperatura média foi em torno de 15 °C, as mínimas em torno de 5 °C e as máximas de 25 °C. Poucos dias antes da coleta das plantas registraram-se temperaturas negativas (-2,5 °C), fator este que pode estar associado ao menor desenvolvimento vegetativo nessa estação. No período da primavera a temperatura média ficou em torno de 15 °C durante o crescimento, elevando-se para 20 °C no

período de avaliação, com mínimas e máximas oscilando entre 10 e 30 °C respectivamente (Figura 3 E).

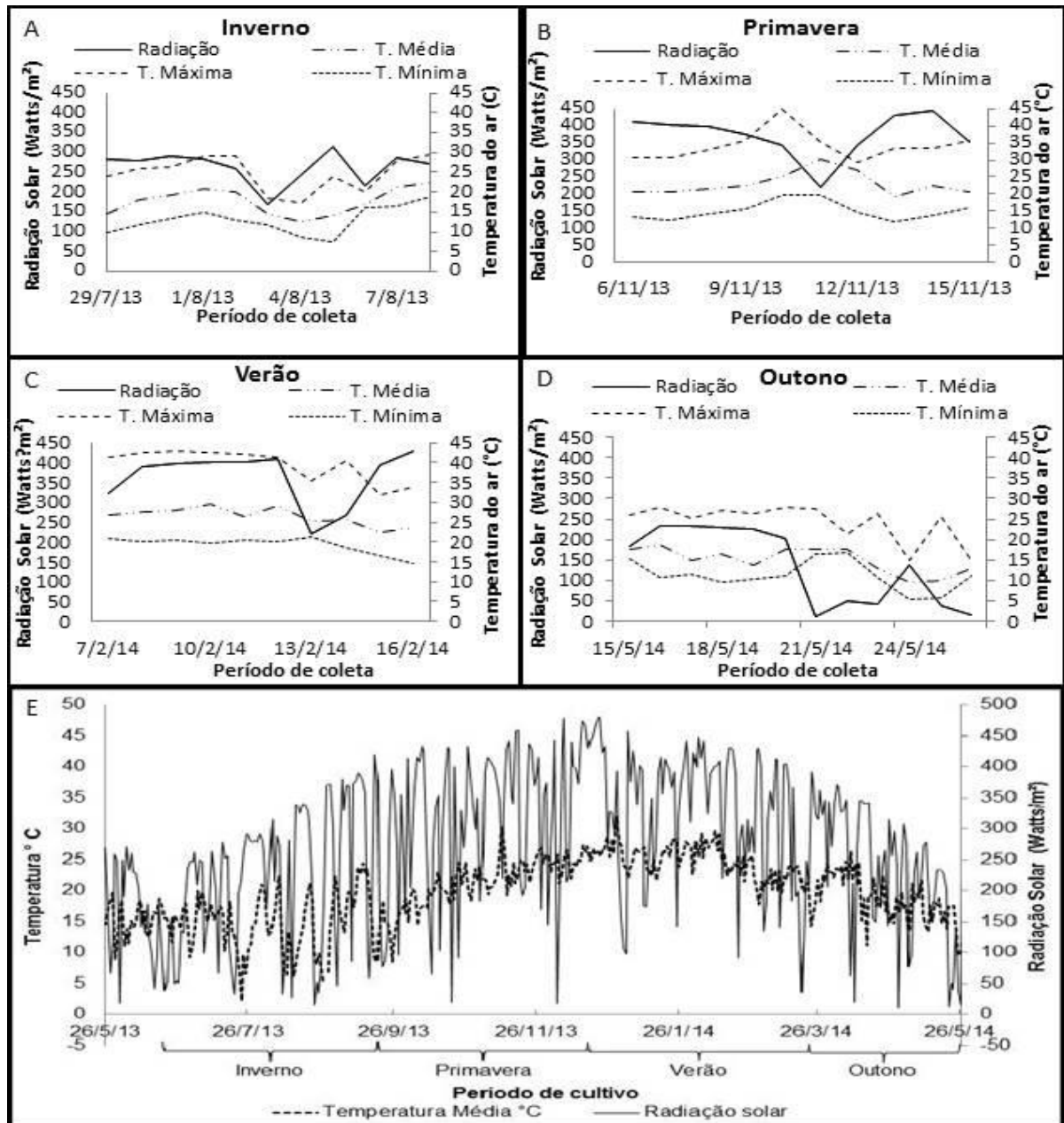


Figura 3: Radiação solar, temperatura média, máxima e mínima nos períodos de avaliação (A, B, C e D) e temperatura do ar e radiação solar de todo o período de cultivo (E) para as quatro estações do ano. Frederico Westphalen, RS. 2015.

No verão, observam-se temperaturas médias superiores, em torno de 25 °C, com mínimas e máximas entre 20 e 43 °C, fator este que parece ter favorecido o crescimento das plantas. No outono a temperatura média manteve-se em torno de 20 °C, com mínimas em torno de 10 °C e máximas em torno de 27 °C, e no período de avaliação, verificou-se redução na temperatura para 15 °C (Figura 3 E).

Não houve interação significativa entre os períodos de déficit hídrico e as estações do ano para as variáveis altura de planta, área foliar, massa fresca de folhas e ramos e massa seca de folhas e ramos, com diferenças apenas entre as estações do ano, sendo que o verão e o outono foram as que apresentaram as maiores médias para todas as variáveis analisadas.

Pravuschi et al. (2010), ao avaliarem cinco lâminas de irrigação baseadas na evaporação do Tanque Classe A (0%, 50%, 75%, 100%, 125%) sobre o teor de óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*), observaram que, de maneira geral, as lâminas de irrigação não interferiram nos valores obtidos.

Tabela 3: Médias de altura, área foliar, massa fresca de folhas, massa fresca de ramos, massa seca de folhas e massa seca de ramos de *Aloysia triphylla* nas diferentes estações do ano, independente do estresse hídrico. Frederico Westphalen, RS. 2015.

Estação	Altura	Área foliar	MF de folha	MF de ramos	MS de folha	MS de ramos
	cm	cm ² /planta	g/planta			
Inverno	78,83 c	1227 c	30,07 d	23,39 d	10,38 d	7,80 d
Primavera	191,19 b	9486 b	262,78 c	314,49 c	91,23 c	116,41 c
Verão	206,57 a	23377 a	410,96 b	716,77 a	144,41 a	264,17 a
Outono	205,06 a	24105 a	470,35 a	520,94 b	116,85 b	202,94 b
CV %	8,12	31,66	28,55	32,40	24,86	32,78

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si. MF – massa fresca, MS – massa seca.

Na estação do inverno obtiveram-se as menores médias para todas as variáveis. *Aloysia triphylla* é uma planta de clima tropical e subtropical e segundo Paulus et al. (2013), é importante considerar que a mesma inicia a perda das folhas nos meses de maio e junho (final do outono), com uma taxa gradativa de perda de até 40%. No mês de julho, com a ocorrência de geadas, a taxa de perda de folhas

pode chegar a 100%. Nesse período a emissão de novos ramos e o crescimento também foi limitada, justificando, portanto o menor desempenho da espécie no inverno, tanto em altura, área foliar, como na formação de ramos e folhas. Com o início da primavera as plantas retomaram o crescimento vegetativo, entretanto, maior produção foi observada no verão e outono, quando as plantas tiveram condições ótimas para retomar o crescimento durante todo o período de rebrote (Tabela 3).

Na avaliação da produção do óleo essencial, houve interação significativa entre o déficit hídrico e a sazonalidade, mas esta diferença não demonstrou seguir uma tendência, mostrando estar associada aos fatores meteorológicos e estágio de desenvolvimento em que a planta se encontrava no momento da coleta. Verificou-se que na estação do verão houve aumento do teor de óleo essencial com o déficit hídrico quando comparado com o tratamento irrigado (Tabela 4), mostrando leve oscilação nos tratamentos sem irrigação (Figura 3C).

Tabela 4: Produtividade de óleo essencial de *Aloysia triphylla* em diferentes estações do ano e períodos de déficit hídrico. Frederico Westphalen, RS. 2015.

Teor de óleo (%)					
Estações	Irrigado	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias
Inverno	0,21 c AB	0,20 d AB	0,21 c A	0,17 c AB	0,17 c B
Primavera	0,29 b B	0,28 c B	0,29 b B	0,29 b B	0,34 b A
Verão	0,40 a C	0,51 a B	0,55 a A	0,48 a B	0,55 a A
Outono	0,29 b AB	0,32 b A	0,31 b AB	0,27 b B	0,30 b AB
CV (%)			12,43		
Óleo (Kg/ha)					
Inverno	0,76 d B	0,64 d B	0,43 c B	0,54 d B	1,11 d A
Primavera	11,32 c A	7,42 c A	10,12 b A	10,01 c A	10,99 c A
Verão	25,68 a BC	28,83 a AB	28,07 a ABC	25,18 a C	29,93 a A
Outono	15,88 b B	22,86 b A	12,38 b C	18,97 b B	19,60 b AB
CV (%)			24,94		

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si.

A radiação é um importante fator que pode interferir diretamente sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta, através da fotossíntese, pela modulação

do fotoperíodo e da qualidade da luz e indiretamente, pelos efeitos na temperatura, sendo fundamental na produção de biomassa, quantidade e na qualidade dos óleos essenciais (SANGWAN et al., 2001). A intensidade da luz pode alterar a produção de óleo essencial através de ativação de enzimas fotossensíveis envolvidas na rota do ácido mevalônico, precursor dos terpenos que são constituintes químicos dos óleos essenciais (SOUZA et al., 2011). Esse fator também pode justificar o maior teor de óleo essencial na estação do verão, sendo esta a que apresentou a maior radiação solar em relação às demais estações avaliadas.

Até a coleta do verão, houve o máximo crescimento vegetativo, ocasionando altos teores de óleo essencial. A partir da metade do verão começou ocorrer o florescimento das plantas de *Aloysia triphylla*, portanto podemos dizer que o metabolismo vegetal drenou os metabólitos secundários para a formação de flores (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, as flores também possuem estruturas sintetizadoras de óleo essencial e, possivelmente competiram com as folhas por elementos precursores destas substâncias voláteis, reduzindo assim, o teor de óleo essencial presente nas folhas, reduzindo o teor de óleo essencial do verão para o outono (BRANT, et al., 2008).

No outono o teor de óleo essencial diminuiu em relação ao verão, possivelmente influenciado pela temperatura do ar e da radiação solar (Figura 3D). Na data da avaliação, o tratamento com três dias sem irrigação, foi atingido o máximo de teor de óleo essencial, não diferindo estatisticamente dos tratamentos com irrigação, seis e 12 dias sem irrigação (Tabela 4). A partir da metade dessa estação começa ocorrer a senescência foliar devido às baixas temperaturas, aliada a um aumento na abscisão foliar. O óleo essencial contido nas folhas foi reduzido e, provavelmente acionado o mecanismo natural fonte-dreno, degradando os metabólitos secundários e direcionando seus elementos para a manutenção do metabolismo primário (TAIZ; ZEIGER, 2013), fator esse, refletido na avaliação do inverno.

O inverno apresentou os menores teores de óleo essencial em todos os tratamentos. O menor teor foi obtido aos 12 dias sem irrigação (Tabela 4), sendo que foi registrado nesse dia decréscimo da radiação solar e menor temperatura (Figura 3A). Brant et al. (2008) ao avaliarem plantas de *Aloysia triphylla* em casa de vegetação em Lavras, também verificaram redução no teor de óleo essencial nos meses de junho (0,133%) e agosto (0,020%), devido as condições meteorológicas

adversas (temperatura, precipitação e umidade) e da senescência lenta das plantas. Esse efeito também foi observado por Deschamps et al. (2008), que constataram, a diminuição do teor de óleo essencial, em diferentes espécies de *Mentha*, por ocasião do inverno, relacionada com a diminuição da temperatura, umidade e radiação. De acordo com Paulus et al. (2013), as diferenças do teor de óleo essencial entre os meses do ano são decorrentes da influência dos elementos ambientais de temperatura e radiação. Possivelmente, os teores mais baixos de óleo essencial, nos meses de frio, são ocasionados pelas condições meteorológicas adversas e a senescência das folhas que está relacionado com o desenvolvimento fisiológico da planta, que emite folhas em processo continuado, havendo maturação e posterior senescência das folhas mais velhas que acabam por secar ou cair dos ramos nessa época. Isso implica então, necessariamente, num ajuste de época de colheita, que deve ser realizada antes da senescência das folhas mais velhas que acabam por secar e cair dos ramos, reduzindo a biomassa (SILVA, 2005). A idade das folhas também determina diferentes teores de óleo essencial. Adzet et al. (1992), ao estudarem o comportamento fisiológico de *Melissa officinalis*, constataram que as folhas mais velhas produzem menor quantidade de óleo essencial em relação às mais jovens.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), a menor produção de metabólitos secundários sob baixos níveis de radiação no período do inverno são explicados devido ao fato de que as reações biossintéticas são dependentes de suprimentos de esqueletos carbônicos, realizados por processos fotossintéticos e de compostos energéticos que participam da regulação dessas reações, sendo a resposta dessas reações positivas para o metabolismo secundário sob altos níveis de radiação. Segundo Sangwan et al. (2001), a radiação é um importante fator que pode interferir na produção de massa de folhas, por outro lado, o estímulo de enzimas responsáveis pela biossíntese de terpenóides pela radiação leva a um aumento na produção de óleo essencial.

Na primavera houve aumento no teor de óleo com 12 dias sem irrigação (Tabela 4). Em termos fisiológicos, sugere-se que o estresse pode atuar redirecionando o carbono fixado fotossinteticamente da síntese de metabólitos primários, tais como celulose, lipídeos e proteínas (os quais estão associados ao metabolismo de crescimento) para a síntese de metabólitos secundários como componentes de óleos essenciais, flavonóides e outros compostos fenólicos (com

pouca ou nenhuma influência sobre o crescimento da planta), sob condições de estresses ambientais (ABREU; MAZZAFERA, 2005). As respostas da planta à escassez de água são complexas. Sob condições de campo, estas respostas podem ser sinérgica ou antagonicamente modificadas pela imposição de outros estresses. As estratégias da planta para lidar com a seca normalmente envolvem uma mistura de mecanismos de tolerância e evitância, os quais variam com o genótipo (BORTOLO; MARQUES; PACHECO, 2009).

Quando comparado o teor de óleo com as demais estações, a primavera não demonstrou os melhores resultados, sendo que esse é um período de retomada do crescimento, através da reativação do metabolismo das plantas, fazendo com que suas fontes de energias sejam mais direcionadas ao metabolismo primário. Tanto a primavera, quanto o outono são considerados períodos intermediários (Tabela 4), quando comparadas às quatro estações, sendo que estas são épocas de transição, onde há mudanças gradativas de radiação e temperatura do ar, podendo haver grandes oscilações.

Quando analisada produtividade, observa-se que há grande diferença em função das estações do ano, sendo que no verão a produção se destaca positivamente em relação às demais. Isso se deve a alta produção foliar associada ao teor de óleo essencial das mesmas, chegando ao verão a $29,9 \text{ Kg.ha}^{-1}$ aos 12 dias de déficit hídrico. No inverno a produção é baixa, devido a reduzida emissão de folhas e baixo teor de óleo essencial, chegando ao máximo a $1,1 \text{ Kg.ha}^{-1}$, valor este muito abaixo do alcançado nas demais estações do ano. Estas informações são importantes para o manejo da espécie, para que haja o planejamento da colheita em épocas de maior produção, levando em conta que no inverno, mesmo em ambiente protegido, houve grande decréscimo na produção, começando pelo menor desenvolvimento vegetativo, gerando pouca matéria fresca para extração de óleo, aliado ao baixo teor de óleo contido neste material.

3.6 Conclusões

Os períodos de déficit hídrico não influenciaram a produção de biomassa vegetativa e óleo essencial de *Aloysia triphylla*.

O maior crescimento vegetativo, produção e produtividade de óleo essencial foram obtidos no verão.

3.7 Referências bibliográficas

ABREU, I. N.; MAZZAFERA, P. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 43, n. 3, p. 241-8, 2005.

ADZET, T. et al. Content and composition of *M. officinalis* oil in relation to leaf position and harvest time. **Planta Medica**. V. 58. p. 562-564. 1992.

ALVARENGA, I. C. A. et al. Water stress before harvest of pepper-rosmarin. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 7, p. 706-711, jul. 2011.

ALVARENGA, I. C. A.; MARTINS, E. R.; FIGUEIREDO, L. S. Alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.): uma espécie aromática e medicinal em domesticação. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 1, p. 9-25, 2009.

BORTOLO, D. P. G.; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Teor e rendimento de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 435-441, 2009.

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

CASTRO, P. R. C. et al. **Manual de fisiologia vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. 651p.

DESCHAMPS C., et al. Avaliação sazonal do rendimento de óleo essencial em espécies de menta. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32. p. 725-730. 2008.

DOURADO-NETO, D. et al. **Soil water retention curve**. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ. 2003.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 412 p.

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

KEINANEM, M. Trade-offs in phenolic metabolism of silver birch: Effects of fertilization, defoliation, and genotype. **Ecology**. v. 9, p. 1–27, 1999.

LOPES R. C. et al. Influência de três regimes hídricos na produção de óleo essencial em sete acessos de *Polygonum punctatum* Ell. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 3, p. 7-10. 2001.

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

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150. 2000.

PAULUS D. et al. Teor e composição química de óleo essencial de cidró em função da sazonalidade e horário de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 203-209. 2013.

PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. **Cultivo e processamento de plantas medicianis**. Lavras: UFLA, P.47. 2002.

PRAVUSCHI, P. R. et al. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriçao (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 687-693. 2010.

SANGWAN, N. S. Et al. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 3-2. 2001.

SANTOS, T. T. et al. Efeito do estresse hídrico na produção de massa foliar e teor de óleo essencial em sambacaitá (*Hyptis pectinata* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., 2004. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SOB, 2004. v. 22. p.1-4.

SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS Learning Edition**. Cary, 2000.

SENTELHAS, P. C. et al. **Balances hídricos climatológicos do Brasil**. Piracicaba: Esalq/USP. 1999.

SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: Pós colheita e óleos essenciais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 2000.

SILVA, R. **Crescimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla* (L'Hérit) Britton (Verbenaceae), em função da adubação orgânica, sazonalidade, horário de colheita, processamento pós-colheita**. 2005. 66 f. Dissertação (mestrado em agronomia). UFV. 2005.

SIMON, J. E. et al. Water stress-induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. **Journal of Essential Oil Research**, v. 4, p. 71-75. 1992.

SOUZA, M. F. et al. Influência do horário de coleta, orientação geográfica e dossel na produção de óleo essencial de *Cordia verbenaceae*. **Revista Biotemas** v. 24, p. 9-14. 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

4 CAPÍTULO 2: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia triphylla* (L'HÉRIT) BRITTON EM FUNÇÃO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA E SAZONALIDADE

4.1 Resumo

A composição do óleo essencial tem grande alteração em relação às variações ambientais que se modificam de acordo com a exposição a estresse e período sazonal. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a composição química do óleo essencial de *Aloysia triphylla* submetida a diferentes períodos de déficit hídrico, nas quatro estações do ano. O experimento foi conduzido em estufa plástica pertencente ao laboratório de agroclimatologia da UFSM *campus* de Frederico Westphalen - RS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso em um esquema bifatorial 5x4, sendo os tratamentos compostos por cinco períodos de déficit hídrico (3, 6, 9, 12 dias sem irrigação e com irrigação diária) e quatro estações do ano (inverno, primavera, verão e outono), com cinco repetições. As avaliações foram realizadas no período que marcou a metade de cada estação do ano. Os componentes do óleo essencial apresentaram variação somente em relação as estações do ano, não diferindo entre os períodos de deficiência hídrica. O citral é o componente majoritário, sendo que este diminui sua concentração no inverno e aumentou no outono e verão. A estação do inverno favorece a concentração de componentes minoritários, com destaque para o óxido de cariofileno e espatulenol.

Palavras chaves: Cidró, Citral. Geranial. Metabólitos secundários.

4.2 Abstract

Essential oil has great variation in relation to environmental changes which occur according to exposure to stress and seasonal period. Thus, this study aimed to evaluate the essential oil chemical composition of *Aloysia triphylla* when subjected to different periods of drought in the four seasons. The experiment was conducted in an

agroclimatology laboratory greenhouse at UFSM, campus of Frederico Westphalen – RS. The experiment was conducted with a complete randomized block design in a 5x4 factorial scheme, with the treatments consisting of five periods of water stress (3, 6, 9, 12 days without irrigation and with daily irrigation) and four seasons (winter, spring, summer and fall); the study had five replications. The evaluations were performed in the period that marked the half of each season. The essential oil components showed variation only in relation to the seasons, no difference between the periods of water stress. Citral was the major component of the oil, and this reduces its concentration in winter and increased in autumn and summer. The winter season favored the concentration of minor components, especially the caryophyllene oxide and spathulenol.

Key words: Cidro. Citral. Geranial. Secondary metabolite.

4.3 Introdução

Aloysia triphylla (cidró) é um arbusto grande (2 a 3 metros), muito ramificado e ereto. É uma planta adstringente e aromática, provavelmente originária do Chile. É rico em óleo volátil, agindo como sedativo brando e é utilizada para auxiliar na digestão e contra resfriados (LORENZI; MATOS, 2008). Em aromaterapia é usada contra problemas nervosos, digestivos e para acnes. Na culinária é utilizada no preparo de licores, sucos, pães e para dar aroma a carnes.

Os vegetais produzem uma grande variedade de compostos orgânicos que muitas vezes não parecem ter uma função direta no seu crescimento e desenvolvimento. Tais substâncias são conhecidas como metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais (TAIZ; ZEIGER, 2013). Dentre as funções fisiológicas dos metabólitos secundários nas plantas é citada a ação protetora em relação a estresses ambientais, como aqueles associados com mudanças de temperatura, conteúdo de água, intensidade de luz, exposição à radiação UV e deficiência nutricional (CASTRO et al., 2005).

Podemos destacar em meio aos metabólitos secundários os óleos essenciais, que são misturas complexas e apresentam as características de volatilidade e baixo

peso molecular. Normalmente são líquidos de aparência oleosa, odoríferos, solúveis em solventes orgânicos e em água tem solubilidade limitada. Apresentam em sua constituição química fenilpropanóides, monoterpenos e sesquiterpenos, havendo predominância de monoterpenos (85%) e sesquiterpenos (10 a 15 %) (CARDOSO; SHAN; PINTO, 2001)

Taveira et al. (2003) mostraram que a biossíntese dos óleos essenciais é influenciada por fatores climáticos, condições de solos e época de colheita. A planta não se comporta da mesma maneira durante todo o ano. Ela passa por alterações e, com isso, a concentração dos princípios ativos pode variar ao longo das estações. Fatores externos, como temperatura, pluviosidade, vento, solo, latitude, altitude e época estacional, interferem, de forma significativa, na produção desses compostos (PINTO; BERTOLUCCI, 2002). Com isso, ainda há certo empirismo no que se refere à determinação do melhor momento para que se possa efetuar a colheita de plantas medicinais e aromáticas ricas em óleos essenciais (CHAGAS et al., 2011).

Estudos realizados com o intuito de avaliar a influência do estresse hídrico na composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum* demonstraram que, sob condições de estresse, houve um rendimento de óleo essencial duas vezes maior, sendo ainda observada uma significativa alteração na constituição do óleo, com redução no percentual de sesquiterpenos e aumento no percentual de linalol e metilchavicol (SIMON et al., 1992).

De acordo com Silva e Casali (2000), a baixa disponibilidade hídrica pode influenciar diversos processos fisiológicos e metabólicos na planta, como fechamento estomático, declínio na taxa de crescimento, acúmulo de solutos e antioxidantes e a expressão de genes específicos de estresse. Em espécies aromáticas a deficiência hídrica pode afetar além do desenvolvimento, o teor de óleo essencial (SANTOS et al., 2004). A deficiência hídrica também pode influenciar na composição química do óleo essencial. A composição de monoterpenos em algumas espécies de *Cymbopogon* spp. pode variar de acordo com a intensidade e a duração do estresse hídrico. Com 45 dias de estresse moderado, há aumento significativo de geraniol e a diminuição de citral em *C. nardus* L. (Rendle). Já em *C. pendulus* Stapf ocorre aumento de citral. Com 90 dias de estresse moderado, há redução de geraniol em *C. nardus* e aumento do citral em *C. pendulus* (SINGH-SANGWAN et al., 1994).

Os constituintes dos óleos essenciais podem variar podendo ser hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, óxidos, peróxidos, éteres, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas e até compostos de enxofre. Tais compostos apresentam-se em diferentes concentrações, tendo normalmente um dos componentes como majoritário, existindo outros em menores teores e alguns em baixíssimas quantidades, chamadas de traços (SIMÕES et al., 2004).

Ao fazer análises químicas do óleo essencial de *Aloysia triphylla*, Lorenzi e Matos (2008) revelaram que o constituinte predominante é o citral, também o limoneno, citronelol, geraniol, alfa e beta pineno, cineol, etil-eugenol, linalol, ácido valeriânico, beta cariofileno, entre outros. Paulus et al. (2013) identificaram no óleo essencial de cidrô geranial (26,11-37,35%), neral (18,02-29,31%), limoneno (9,21-15,77%) e nerolidol (2,68-24,34%), além de outros componentes em menor quantidade. Conforme Leal et al. (2003), o termo citral é originário do latim *citrus*, que significa limoeiro, cidreira. É um aldeído monoterpênico, de fórmula $C_{10}H_{16}O$, sendo conhecido nas formas geranial (*trans* citral ou E- entgen) e neral (*cis* citral ou Z- zusammen)

Diante da escassez de informações sobre o comportamento da *Aloysia triphylla* frente ao estresse hídrico, tem-se como objetivo identificar as alterações na produção e composição do óleo essencial da referida espécie submetida ao déficit hídrico associado à sazonalidade.

4.4 Material e métodos

O estudo foi conduzido em ambiente protegido, na Universidade Federal de Santa Maria/Campus de Frederico Westphalen – RS, com localização geográfica de 27° 23' de latitude sul, 53° 25' de longitude oeste e altitude de 490 m, no período de abril de 2013 a maio de 2014. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, com temperatura média anual em torno de 18 °C, com máximas no verão podendo atingir 41 °C e mínimas no inverno atingindo valores inferiores a 0 °C. A precipitação média anual é elevada, geralmente entre 1.800 e 2.100 mm, bem distribuídos ao longo do ano (MALUF, 2000).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, em esquema bifatorial 5x4, com cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco períodos de déficit hídrico (0, 3, 6, 9 ou 12 dias) e quatro estações do ano (inverno, primavera, verão e outono). As unidades experimentais foram compostas por duas plantas de *Aloysia triphylla*, espaçadas em 0,8 m entre plantas e 1 m nas entrelinhas, totalizando 10 plantas em avaliação.

As mudas foram produzidas em tubetes com substrato comercial, a partir de uma matriz localizada no horto de espécies medicinais da UFSM campus Frederico Westphalen, utilizando o método de estaquia, com estacas de 25 cm de comprimento. Aplicou-se ácido indol-butírico nas estacas, na concentração de 1000 ppm, objetivando-se rápido enraizamento das mesmas. As estacas receberam duas regas diárias.

Após o enraizamento foram transplantadas para a estufa no dia 12 de abril de 2013 com revolvimento prévio do solo, sem a aplicação de adubação. A irrigação foi realizada com fitas de gotejamento diariamente durante o período de cultivo, sendo aplicados os períodos de déficit hídrico somente nos momentos de avaliação, conforme acima descrito.

O experimento foi conduzido no solo, no interior da estufa, sendo classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico (EMBRAPA, 2006), sendo que nas Tabelas 1 e 2 estão descritas as características físicas e químicas, obtidas a partir de análise em laboratório.

O ambiente de cultivo no qual foi realizado o presente trabalho é caracterizado por apresentar cobertura em forma de arco com filme plástico de 150 micras de espessura, com um pé direito de 3,5 m de altura e dimensões de 10 metros de largura e 20 metros de comprimento, sendo o manejo das cortinas realizado diariamente com a finalidade de favorecer a ventilação reduzindo a amplitude térmica, evitar a circulação de ventos fortes e a entrada de água advinda de chuvas. No interior da mesma instalou-se uma estação meteorológica compacta modelo ISIS S1220 da Squiter do Brasil, com a finalidade de caracterizar o ambiente no qual se deu a condução da espécie

Os períodos de exposição ao déficit hídrico foram de três dias sem receber irrigação, seis dias sem irrigação, nove dias sem irrigação, 12 dias sem irrigação e um tratamento com irrigação mantida durante todo período, sendo realizada a colheita logo após. O efeito da sazonalidade foi mensurado a partir da coleta das

plantas, as quais foram realizadas nos períodos que marcaram a metade de cada estação do ano, sendo no inverno do dia 29 de julho a oito de agosto, na primavera do dia seis de novembro a 15 de novembro, no verão do dia sete de fevereiro a 16 de fevereiro e no outono do dia 15 de maio a 26 de maio.

Tabela 1: Caracterização física do solo da área experimental. Frederico Westphalen, RS. 2014.

Profundidade	Teor (%)			Tipo de solo
	Areia	Silte	Argila	
0-50	23,2	28,5	48,3	3*

Tabela 2: Caracterização química do solo da área experimental. Frederico Westphalen, RS. 2014.

pH	Índice		P	K	M.O.	Al	Ca	Mg	CTC	H+ Al	% Sat. da CTC	
	SMP										Bases	Al
55,7	6,1		55,0	1128,5	33,9	00,0	112,5	44,8	220,9	3,3	84,2	00,0

Ph – Potencial de hidrogênio; Índice SMP – Método de estimativa da acidez potencial; P- Fósforo; K – Potássio; M.O. – Matéria orgânica; Al – Alumínio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; H + Al – Acidez potencial; CTC – Capacidade de troca de cátions.

O óleo essencial foi obtido de folhas frescas em todas as estações (inverno, primavera, verão e outono) e foi extraído por hidrodestilação, em aparelho de Clevenger modificado por 3 horas, com três repetições por tratamento. Foram utilizadas amostras compostas, cuja massa variou de acordo a estação do ano, devido à disponibilidade de folhas: no inverno utilizou-se 60 g de massa fresca por repetição, na primavera, verão e outono foram utilizados 350 gramas de massa fresca por repetição. Cada repetição foi composta por duas plantas, colhidas às 8h da manhã.

A análise cromatográfica foi realizada para conhecimento da composição do óleo. O material para análise foi acondicionado em frascos e enviado ao Laboratório de Extrativos Vegetais (LABEV), pertencente à Universidade Federal de Santa

Maria, no município de Santa Maria, onde foram realizadas as análises cromatográficas.

A análise por GC-MS TIC foi realizada usando um cromatógrafo a gás Agilent 6890 acoplado com um detector seletivo de massas Agilent 5973, sob as seguintes condições: coluna HP5-MS (5% -fenil - 95% -metylsiloxano, 30 mx 0,25 mm x 0,25 milímetros); EIMS: 70 eV. Condições de funcionamento: divisão de fluxo 1: 100; programa de temperatura, 40-260 ° C; 40 °C durante 4 min; rampa, 4 °C / min; gás carregador He; 1 mL / min de fluxo; temperatura do injetor e detector, 220 ° C; temperatura interface de 250 °C..

Os constituintes dos óleos essenciais foram identificados com base no índice de retenção (IR), e dos modelos de fragmentação de espectro de massas, em comparação com os dados da literatura (ADAMS, 2009). A concentração dos constituintes foi calculada usando a área total dos seus picos, relacionada com a área total de todos os constituintes da amostra, obtido por análise utilizando cromatografia de gás, com detector de ionização em chama (DIC), sendo o resultado expresso em porcentagem.

Os resultados foram submetidos à análise da variância através do Software “Statistical Analysis System” (SAS LEARNING EDITION, 2000) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

4.5 Resultados e discussão

Não ocorreu interação significativa entre período de deficiência hídrica e as estações do ano para os componentes do óleo essencial. A análise cromatográfica dos óleos essenciais extraídos mostrou grande variabilidade dos componentes nas diferentes estações do ano, não apresentando diferença entre os períodos de deficiência hídrica.

Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por Silva et al. (2002), observando-se na análise química do óleo essencial de plantas de *Malaleuca alternifolia*, submetidas a estresse hídrico, que não houve alteração na concentração dos principais constituintes do óleo, mesmo quando as plantas foram

expostas a deficiência hídrica severa, que ocasionou diminuição no teor de óleo, mas manteve a concentração dos componentes.

Os componentes majoritários identificados nas amostras de óleo essencial foram limoneno (3,20 – 18,46%), β -Citral (17,64 – 24,57%), α -Citral (25,08 – 31,48%), óxido de cariofileno (2,32 – 7,20%), além de 6-metil-5-hepten-2-ona, β -pineno, *Z*-ocimeno, linalol, *Z*-óxido de limoneno, *E*-verbenol, isocitral <exo->, 2-pineno-4-ol, isocitral <(Z)->, epóxido de rosefurano, *E*-Isocitral, *Z*-geraniol, *E*-geraniol, ácido gerânico, acetato de nerila, α -cubebeno, acetato de geraniol, β -cariofileno, α -cariofileno, aromadendreno, propionato de geranial, α -curcumeno, γ -cadineno, nerolidol, espatulenol, δ -cadinol e α -cadinol (Tabela 3).

A mistura dos isômeros (β -Citral e α -Citral) genericamente denominados citral, são os principais constituintes de interesse comercial do óleo essencial do cidró (LORENZI; MATTOS, 2008; SILVA, 2005). Estes foram os componentes encontrados em maior quantidade nas quatro estações do ano, sendo que no outono e no verão, suas concentrações foram mais elevadas quando o α -Citral chegou a representar cerca de 31,48% dos componentes do óleo de *Aloysia triphylla* e o β -Citral cerca de 24,57%, chegando a concentração total de citral de 56,05% (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com Paulus et al. (2013) que ao avaliarem a composição do óleo essencial de *Aloysia triphylla* nos 12 meses do ano, constataram que os maiores teores de α -Citral (37,16 e 37,36%) e β -Citral (29,31 e 29,04%), foram encontrados principalmente nos meses de janeiro e março (verão). Castro, Ming e Marques (2002) ao avaliarem o efeito da sazonalidade nos constituintes de *Lippia alba*, constataram que o citral teve maior concentração na estação do outono, seguido do verão, sendo que neste trabalho a produção nessas estações não diferiu estatisticamente.

Tais variações provavelmente estejam relacionadas ao ciclo fisiológico da planta, pois no inverno há um período de baixa atividade biossintética. No mesmo período, os sesquiterpenos totais (compostos de síntese mais complexa) apresentam teor de cerca de 22%, enquanto que os monoterpenos totais apresentaram valor de 54%. Essa diferença vai estreitando durante as demais estações e, na primavera, a relação de monoterpenos e sesquiterpenos totais fica quase de 1:1 (BOTREL et al. 2010).

Tabela 3: Constituintes químicos do óleo essencial (%) de *Aloysia triphylla* em função das estações do ano. Frederico Westphalen, RS. 2015.

Componente	Média das Estações (%)				Índice de Kovats	
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	IKcalculado	*IKreferência
6-metil-5-hepten-2-ona	1,72 b	3,77 a**	1,75 b	2,96 a	983	986
β -pineno	–	0,34 a	0,35 a	0,29 b	991	983
limoneno	3,19 d	16,24 b	18,46 a	11,21 c	1027	1027
Z-ocimeno	0,58 b	0,60 b	0,47 b	1,11 a	1049	1050
Linalool	0,60 b	0,77 a	0,75 a	0,61 b	1102	1100
Z-óxido de limoneno	0,52 a	0,40 a	0,36 a	0,30 a	1134	1136
E-verbenol	0,69 a	0,46 b	0,42 b	0,35 b	1139	1144
Isocitral <exo->	0,44 a	0,36 b	0,25 c	0,32 b	1147	1144
2-pineno-4-ol	0,51 a	0,28 bc	0,37 b	0,24 c	1150	1143
Z-Isocitral	–	0,50 b	0,55 b	0,89 a	1166	1164
Epóxido de rosefurano	–	0,35 ab	0,44 a	0,20 b	1177	1177
E-Isocitral	3,40 a	0,48 d	0,84 c	1,34 b	1184	1180
Z-geraniol	3,27 a	2,20 a	2,75 a	1,93 a	1232	1229
β -Citral	18,86 b	17,63 b	20,63 ab	24,57 a	1242	1240
E-geraniol	2,33 a	2,68 a	3,17 a	2,48 a	1258	1258
α -Citral	25,66 b	25,08 b	26,75 ab	31,48 a	1272	1273
ácido gerânico	6,64 a	1,31 b	1,08 b	–	1361	1359
acetato de nerila	1,00 a	0,53 b	0,46 b	0,33 b	1367	1366
α -Cubebeno	2,87 a	0,48 b	0,62 b	1,60 b	1377	1372
Acetato de geraniila	6,87 a	3,97 b	2,61 c	3,00 c	1386	1384
β -Cariofileno	4,30 ab	3,67 bc	3,41 c	4,65 a	1419	1418
α -Cariofileno	0,51 a	0,44 a	0,41 a	0,45 a	1451	1453
Aromadendreno	1,18 a	0,33 a	0,23 a	0,26 a	1460	1460
Propionato de geranial	2,26 a	0,35 b	0,98 b	2,32 a	1476	1477
α -Curcumeno	2,26 a	2,99 a	2,47 a	0,30 b	1483	1483
γ -Cadineno	0,58 a	0,41 a	0,60 a	0,53 a	1515	1513
Nerolidol	1,47 a	0,84 ab	0,47 b	0,63 b	1565	1563
Espatuleno	5,14 a	3,31 b	2,02 c	2,15 c	1578	1580
óxido de cariofileno	7,20 a	5,11 b	5,80 b	2,31 c	1583	1584
δ -Cadinol	1,15 b	1,50 a	1,38 a	1,03 b	1642	1640
α -Cadinol	0,56 a	0,38 a	0,60 a	0,22 a	1654	1654
Total médio das amostras identificado	95,93	97,48	98,16	98,67		

*IK = Índice de Kovats. _ = componente não detectado. **Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Em plantas, os terpenos costumam agir como fitoalexinas, repelentes de inseto, feromônios, hormônios vegetais, moléculas sinalizadoras, aleloquímicos,

agentes de atração para polinização e defesa contra herbívoros (BURT, 2004). Amaral et al. (2015) explica que os monoterpenos são moléculas menores e de baixa densidade, o que facilita a sua volatilização, fazendo com que atue como atrativo para polinizadores, fato este que pode explicar a maior concentração de citral nas estações do verão e outono, período em que ocorre o florescimento da *Aloysia triphylla*, época em que a planta precisa atrair polinizadores.

A importância comercial do óleo essencial do cidrô depende da percentagem desses dois componentes, bem como a baixa percentagem de outros componentes indesejáveis, como o nerol e geraniol, que são formas reduzidas do neral e geranial, e que afetam a qualidade do óleo essencial (TABATABAIE; NAZARI, 2007). Nas análises realizadas no presente trabalho, foram encontrados *Z*-geraniol ou nerol (1,93 – 3,27 %) e *E*-geraniol (2,33 – 3,17 %), sendo que ambos tiveram comportamento constante em todas as estações do ano, não alterando sua concentração no óleo essencial.

Segundo Paulus et al. (2013), as condições ambientais associadas ao estágio de desenvolvimento da planta também podem influenciar na composição do óleo essencial. A intensidade da luz pode, também, alterar a produção de óleo essencial através de ativação de enzimas fotossensíveis envolvidas na rota do ácido mevalônico, precursor dos terpenos que são os principais constituintes químicos das essências (SOUZA et al., 2011). De acordo com Santos e Innecco (2003), no decorrer do dia podem ocorrer variações da intensidade luminosa e da temperatura, atuando diretamente em processos primários, como fotossíntese e respiração, e podem influenciar indiretamente a produção de metabólitos secundários, entre eles os constituintes do óleo essencial, cuja síntese depende de produtos do metabolismo primário.

Outro componente de importância do óleo essencial de *Aloysia triphylla* é o limoneno, que teve sua maior concentração na estação do verão (18,46 %), mantendo-se com valores intermediários na primavera e no outono, reduzindo drasticamente no inverno (3,19 %) (Tabela 3). Paulus et al. (2013), ao estudarem a composição do óleo essencial de *Aloysia triphylla* em Dois Vizinhos, no Paraná, encontraram uma concentração de limoneno no óleo essencial entre 9 e 14%, apresentando as maiores concentrações de setembro a abril, reduzindo nos meses de maio a agosto. Valmorbidia et al. (2001), ao avaliarem a constituição química do óleo essencial de *Aloysia triphylla* em Dois Vizinhos, no Paraná, em todos os meses

do ano, encontraram valores de limoneno variando entre 9,21 e 15,77%, sendo que os menores teores foram observados nos meses de maio e julho.

Foram encontrados dois componentes sesquiterpenos no óleo essencial com teor relativamente considerável nas amostras, sendo eles óxido de cariofileno (2,31 – 7,20%) e espatulenol (2,15 – 5,14%), com as maiores concentrações de ambos na estação do inverno. Os sesquiterpenos costumam serem maiores, mais densos e menos voláteis, tendo muitas vezes funções de proteção como ação antimicrobiana e ação de fungitoxidade (AMARAL et al., 2015), sendo que o inverno é uma estação mais úmida e propícia para o desenvolvimento de doenças . Paulus et al. (2013) e Valmorbidia et al. (2011) não identificaram esses dois componentes no óleo de *Aloysia triphylla* em nenhum mês de avaliação. Também foi encontrado nas amostras de óleo essencial β -cariofileno (3,41 – 4,65%). Os sesquiterpenos β -cariofileno e óxido de cariofileno possuem atividade anticarcinogênica e β -cariofileno possui também atividade relacionada à citoproteção gástrica (SOUZA; CITÓ; LOPES, 2006). O componente acetato de geranila também foi encontrado em maior concentração na estação do inverno, chegando a 6,87%, enquanto no verão sua concentração chegou a 2,61% (Tabela 3).

No geral, quase todos os componentes do óleo essencial de *Aloysia triphylla* tiveram interferência da sazonalidade, alguns se destacando na estação do inverno e outros no verão ou outono. São poucos os componentes que aumentaram sua concentração na estação da primavera, destacando-se o linalol, que aumentou para 0,77%. Esse fator pode estar relacionado ao crescimento vegetativo que tem grande aumento nessa estação do ano, havendo a necessidade de maior produção de metabólitos primários, destinados ao crescimento da planta.

4.6 Conclusões

Os componentes do óleo essencial de *Aloysia triphylla* não foram influenciados pela deficiência hídrica aplicada.

A sazonalidade tem grande controle na composição do óleo essencial, sendo que o componente de maior interesse, o citral, está presente em maior quantidade no verão e no outono.

A estação do inverno favorece a concentração de componentes minoritários, com destaque para óxido de cariofileno e espatulenol.

4.7 Referencias bibliográficas

ADAMS R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography: mass spectrometry**. 4. Ed. Illinois: Allured Business Media, 2009. 804 p.

AMARAL, L. P. et al. Seasonal Influence on the Essential Oil Production of *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. V. 58, N. 1, P. 12-21. 2015.

BOTREL, P. P. et al. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* Epl., Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 32, n. 3, p. 533-538. 2010.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. **Journal Food Microbiol**. v. 94, n. 3, p. 223-253. 2004.

CARDOSO, M. G.; SHAN, A. Y. K. V.; PINTO, J. E. B. P. **Metabólitos secundários vegetais: visão geral química e medicinal**. Lavras: UFLA, 2001. 80 p. (textos academicos).

CASTRO, D. M.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M. Composição fitoquímica dos óleos essenciais de folhas de *Lippia alba* (Mill) N.E.Br. em diferentes épocas de colheita e partes do ramo. **Revista Brasileira de Plantas medicinais**. v. 4, n. 2. p. 75-79. 2002.

CASTRO, P. R. C. et al. **Manual de fisiologia vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. 651p.

CHAGAS, J. H. Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 33, n. 2, p. 327-334, 2011.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006, 412 p.

LEAL, T. C. A. B. et al. Produção de biomassa e óleo essencial em plantas de capim-cidreira (*Cymbopogon citratus* (D.C.)Stapf.) em diferentes idades. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 5, n. 2, p. 61-64. 2003.

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

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150. 2000.

PAULUS, D. et al. Teor e composição química de óleo essencial de cidró em função da sazonalidade e horário de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 203-209. 2013.

PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. **Cultivo e processamento de plantas medicianis**. Lavras: UFLA, 2002. p. 47.

PROBST, I. S. et al. Antimicrobial activity of propolis and essential oils and synergism between these natural products. **The Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases**. v. 17, p. 159-167, 2011.

SANTOS M. R. A.; INNECO R. Influência de períodos de secagem de folhas de óleo essencial de erva-cidreira (quimiotipo limoneno-carvona). **Revista Ciência Agronômica** v.34, p. 511. 2003.

SANTOS, T. T. et al. Efeito do estresse hídrico na produção de massa foliar e teor de óleo essencial em sambacaitá (*Hyptis pectinata* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., 2004. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SOB, v. 22, p.1-4. 2004.

SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS Learning Edition**. Cary, 2000.

SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: Pós colheita e óleos essenciais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 2000.

SILVA, R. **Crescimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla* (L'Hérit) Britton (Verbenaceae), em função da adubação orgânica, sazonalidade, horário de colheita e processamento pós-colheita.** 66 f. 2005. Dissertação (mestrado em Agronomia). Lavras. Universidade Federal de Lavras. 2005.

SILVA, S. R. S. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum.** v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 5. ed. Porto Alegre, RS: Ed. Da UFSC, 2004. 1102 p.

SIMON, J. E. et al. Water stress-induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. **Journal of Essential Oil Research,** v. 4, 1992. p. 71-75.

SINGH–SANGWAN, N. et al. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. **New Phytol.** v. 128, p. 173-179, 1994.

SOUZA, M. F. et al. Influência do horário de coleta, orientação geográfica e dossel na produção de óleo essencial de *Cordia verbenácea*. **Revista Biotemas.** v. 24, p. 9-14. 2011.

SOUZA, S. A. A.; CITÓ, A. M. G. L.; LOPES, J. A. D. Constituintes do óleo essencial da própolis produzida na cidade de Pio IX – Piauí. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.** v. 8, n. 4, p. 1-3, 2006.

TABATABAIE, S. J.; NAZARI, J. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis and essential oil content of peppermint and lemon verbena. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** v. 31, p. 245-253. 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

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

VALMORBIDA, R. Produção e composição de óleo essencial de cidró (*Aloysia triphylla*) em função da sazonalidade. In: I CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR, 1. 2011. Dois vizinhos. **Anais...** Dois vizinhos:UTFPR. 2011.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento e a produção vegetativa não tiveram interferência dos períodos sem irrigação, mas foi fortemente influenciada pela sazonalidade. Os elementos meteorológicos que interferem diretamente no metabolismo das plantas são dependentes da variação sazonal existente durante o ano.

No Rio Grande do Sul, onde as quatro estações são bem definidas, essas variações ficam ainda mais evidentes, resultando em alterações produtivas e de qualidade do material avaliado.

Em relação ao crescimento vegetativo, que leva em conta quanto de material a planta tem disponível para a extração de óleo essencial, tanto o verão como o outono teve destaque, mostrando que houve incremento na massa de folhas, ramos e inclusive área foliar, fator este importante para que a planta seja eficiente na captação da radiação e na fotossíntese. Brant et al. (2008) ao avaliarem o crescimento vegetativo de *Aloysia triphylla* em Lavras, também observaram que nos meses de dezembro a abril (período que compreende ao verão e outono), as plantas tiveram um maior crescimento, devido as condições ambientais adequadas existentes no período.

No inverno houve decréscimo no crescimento das plantas, sendo considerado um período em que a mesma mantém o metabolismo reduzido, devido as baixas temperaturas e baixa radiação solar. Com a chegada da primavera, houve incremento vegetativo, mas ainda de forma lenta, por ser um período de transição, em que os dias começam a ficarem mais longos, com mais radiação e aumento de temperatura.

Para a produção de óleo essencial, podemos observar que foi encontrado maior teor na estação do verão, sendo esta a com maior radiação solar e temperatura do ar, fator este que favorece a produção de óleo essencial. Com o principal componente de interesse do óleo essencial, podemos observar que o comportamento foi semelhante, sendo que os teores de citral aumentaram significativamente na estação do verão e outono, coincidindo com a maior produção vegetativa e maior teor de óleo essencial.

Paulus et al. (2013), observaram também que o geranial e o neral, aumentaram seus teores nos meses em que a temperatura, radiação e precipitação

foram mais elevadas, e diminuíram nos meses de maio e julho, quando houve decréscimo na temperatura média, radiação e precipitação. Associado a isso Ventrella (2000) constatou que folhas jovens de *Lippia alba* produzem significativamente mais óleo em relação às folhas mais velhas, e não somente com quantidade de material vegetal e estruturas secretoras. Castro (2001), estudando a produção de biomassa, rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Lippia alba* em diferentes épocas do ano, concluiu que folhas em estágio inicial de desenvolvimento produzem mais óleo quando comparadas com folhas mais velhas. Podemos associar isso ao fato de que no inverno a planta para de emitir novas folhas, e as folhas existentes começam a senescência, produzindo assim menos óleo essencial nessa estação.

No inverno e primavera, podemos observar que além de ter menor produção vegetativa e menor teor de óleo essencial, este também apresenta em sua composição menos citral. Componentes minoritários acabaram aumentando significativamente seu teor no óleo essencial, como o β -cariofileno e o óxido de cariofileno.

É necessário haver planejamento no cultivo de *Aloysia triphylla* para concentrar a produção nas estações da primavera, verão e outono, sendo que no inverno é preciso utilizar ambiente protegido para evitar perdas com baixas temperaturas e geadas.

5.1 Referências bibliográficas

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

CASTRO D. M. **Efeito de variação sazonal, colheita selecionada e temperaturas de secagem sobre a produção de biomassa, rendimento e composição de óleos essenciais de *Lippia alba* NEBr. ex Britt. & Wilson (Verbenaceae)**. 2001. 132 f. Tese (Doutorado). Botucatu: UNESP. 2001.

PAULUS D. et al. Teor e composição química de óleo essencial de cidró em função da sazonalidade e horário de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 203-209. 2013.

6 CONCLUSÃO GERAL

A deficiência hídrica aplicada não foi suficiente para ocasionar danos produtivos em plantas de *Aloysia triphylla*.

A variação sazonal causa grande variação, tanto no crescimento vegetativo, quanto na produção e qualidade do óleo essencial de *Aloysia triphylla*.

O verão é a estação mais indicada para a colheita e extração de óleo essencial de *Aloysia triphylla*, devido à alta massa de folhas e ao alto teor de óleo essencial, associado à maior concentração de citral.

No inverno há significativo aumento na concentração de componentes minoritários e diminuição de citral.