

DANIELA ALENCAR PINTO

**EFEITOS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS  
DE CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE  
CAPIM-LIMÃO.**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Meteorologia Agrícola, para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010

DANIELA ALENCAR PINTO

**EFEITOS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS  
DE CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL  
DE CAPIM-LIMÃO.**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Meteorologia Agrícola, para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

Aprovada: 30 de julho de 2010.

---

Prof. Evandro de Castro Melo  
(Coorientador)

---

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama  
(Coorientador)

---

Prof. Ricardo Henrique Silva Santos

---

Prof. Maurício Novaes Souza

---

Prof. Everardo Chartuni Mantovani  
(Orientador)

"Consulte não a seus medos, mas a suas esperanças e sonhos. Pense não sobre suas frustrações, mas sobre seu potencial não usado. Preocupe-se não com o que você tentou e falhou, mas com aquilo que ainda é possível a você fazer."  
( Papa João XXIII )

Aos meus pais Ruy (in memorian) sempre presente e Constança

Ofereço

Aos meus avôs Gut, Consuelo, Milton e Deta (in memorian)

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus e minha família pela minha vida e pelos incentivos, força nos momentos em que mais precisei para dar continuidade e vencer alguns obstáculos surgidos durante este percurso.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus queridos pais, Ruy Rodrigues Pinto (in memorian) e Maria Constança Alencar Rodrigues Pinto, por sempre me apoiarem, acreditarem em mim e principalmente pelo amor sempre concedido.

Aos meus irmãos, Dario Luiz e Graziela pela amizade, carinho, amor, apoio e aos meus cunhados Adriana e Fernando.

A minha tia Eny, pelo carinho de mãe que tem comigo e meus irmãos.

Ao professor Everardo Chartuni Mantovani, pelo incentivo, confiança, amizade, compreensão e orientação em todos os momentos.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, pelo apoio na realização do curso. Em especial a Graça Freitas, secretária do Departamento do programa da pós graduação em Meteorologia Agrícola.

Aos Professores Gilberto Chohaku Sedyama e Evandro de Castro Melo, pelas valiosas sugestões e dedicação, fundamentais na realização deste trabalho.

Ao Professor Haroldo Carlos Fernandes pela amizade, ajuda e conselhos.

Ao Professor Ricardo Santos por sempre me receber e me ajudar com muita atenção e carinho.

Ao pessoal do Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos (LASA) na química por todo apoio, receptividade e dedicação, principalmente o responsável pelo laboratório Zé Luiz. Em especial o Professor Antonio Jacinto Demuner, por me deixar utilizar o laboratório, seus equipamentos e seus ensinamentos.

As amigas de república na qual formamos uma família, Mila, Paulinha, Ísis e Cassia. Pelos vários momentos, muitos ensinamentos e principalmente pela agradável companhia e respeito.

A minha amiga de infância, Julia, pelos inúmeros conselhos, mesmo que distante, porém sempre presente em minha vida.

As amigas de Jacutinga-MG, Dayhana, Aline Alves, Aline Lopes, Patricia, Mariana, Cintia Arruda, Cinthia Nicoletti, Érica Grassi.

Ao casal Felipe e Hewlley pela linda amizade e companheirismo.

A amiga Fabi e a sua linda filha Manuela, que sempre me acolheram em sua casa, me dando muita alegria e conforto.

Aos colegas Eugênio, Breno, Gustavinho, Gustavo Haddad, Marcelo Rossi, Fabiano Palaretti, Gustavo Finholt, Henrique, Peixe (Wagner).

Ao Elias pela enorme ajuda na montagem dos experimentos.

Aos funcionários do departamento de engenharia agrícola, D. Maria, Galinari, Marcos, Fátima, Zé Mauro, Evaristo por todo apoio.

A todos os amigos e colegas da Universidade Federal de Viçosa.

A todas as pessoas que contribuíram direto ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

## **BIOGRAFIA**

DANIELA ALENCAR PINTO, filha de Ruy Rodrigues Pinto (in memorian) e Maria Constança Alencar Rodrigues Pinto, nasceu em 9 de janeiro de 1981 em São Paulo, São Paulo.

Em fevereiro de 2000, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras - MG, diplomando-se em fevereiro de 2005.

Trabalhou em uma revenda de máquinas agrícolas da John Deere em Luis Eduardo Magalhães-BA, no período de setembro de 2004 a abril de 2006.

Ingressou no Mestrado em Meteorologia Agrícola, área de concentração em interação planta ambiente no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, submetendo-se à defesa de dissertação de mestrado em julho de 2010.

## ÍNDICE

	Páginas
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1. A cultura: <i>Cymbopogon citratus</i> .....	1
1.2. Óleos essenciais	2
1.3. Plantas medicinais - comercialização	3
1.4. Ambiente Protegido	4
1.5. Irrigação	5
1.6. Evapotranspiração	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.1. Coletas de Amostras.....	16
2.2. Análises Realizadas.....	17
2.2.1. Teor de água.....	17
2.2.2. Extração do óleo essencial.....	17
2.2.3. Determinação da composição do óleo essencial.....	19
2.2.3.1. Análise qualitativa dos constituintes do óleo essencial	19
2.2.3.2. Análise quantitativa dos constituintes do óleo essencial	20
.....2.3. Análise estatística dos dados obtidos no experimento	21
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
3.2. Primeira Etapa.....	22

3.3. Segunda Etapa.....	34
4. CONCLUSÕES.....	47
5. REFERÊNCIA.....	49
APÊNDICE A	53
APÊNDICE B	54

## RESUMO

PINTO, Daniela Alencar, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **EFEITOS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-LIMÃO.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani, Coorientadores: Gilberto Chohaku Sedyama e Evandro de Castro Melo

O capim-limão, *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf é uma espécie medicinal, amplamente conhecida e utilizada em diversos países para fins medicinais e tem seu uso e aplicação nas indústrias farmacêuticas, alimentícias, de cosméticos e perfumaria. Devido às poucas informações sobre as práticas de cultivo para otimização de sua produção, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de lâminas de irrigação sobre a produção de biomassa, o rendimento e composição do óleo essencial. O experimento foi montado em ambiente protegido para possibilitar o controle das lâminas de irrigação e também avaliar tal possibilidade para situações em que as condições climáticas normais sejam inadequadas. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com cinco tratamentos e três repetições, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na etapa um, os tratamentos consistiram da aplicação de lâminas referentes a 50%, 75%, 100%, 125% da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), irrigando duas vezes por semana e de 100% da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), irrigando uma vez por semana, sendo

denominados de T1, T2, T3, T4 e T5 respectivamente. Na etapa dois, os tratamentos consistiram da aplicação de lâminas referentes a 50%, 75%, 100%, 125% da ETc irrigando uma vez por semana e de 100% da ETc, irrigando a cada 14 dias, sendo denominados de T6, T7, T8, T9 e T10 respectivamente. O corte do capim-limão foi realizado após 60 dias do início dos tratamentos. Avaliou-se a altura de plantas, o número de perfilhos por touceira, a massa seca da parte aérea, o rendimento e a composição do óleo essencial. O T5, caracterizado por um estresse hídrico e intervalo de irrigação moderados, foi o que apresentou a maior produção de matéria seca, maior produtividade do capim-limão e maior estimativa da produtividade de óleo essencial e uma maior concentração de citral, na primeira etapa. Na etapa dois deste trabalho, o T6 correspondente a um estresse hídrico crescente acentuado foi o que apresentou maior estimativa da produtividade de óleo essencial. De acordo com os resultados observados, não foi possível definir uma melhor lâmina, porém, concluiu que uma única irrigação semanal, para as condições estudadas neste experimento, foi a de melhor resultado.

## ABSTRACT

PINTO, Daniela Alencar, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2010.  
**Effects of irrigation depths on growth characteristics, production and essential oil quality of lemongrass.** Advisor: Everardo Chartuni Mantovani, Co-advisors: Gilberto Chohaku Sedyama and Evandro de Castro Melo

Lemongrass, *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf is a medicinal plant widely known and used in many countries for medical purposes and is used and applied in the pharmaceutical, food, cosmetics and perfumery industries. Due to the little information on cultivation practices to optimize its production, the aim of this work is to evaluate the effect of different irrigation depths on biomass production, yield and composition of essential oil. The experiment was set up in a protected environment to control irrigation and also to evaluate situations in which the normal climatic conditions are inadequate. A complete randomized block design was incorporated with five treatments and three replications, averages were compared using the Tukey test at 5% probability. In phase one, the treatments consisted of irrigation depths relating to 50%, 75%, 100%, 125% of crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), watering twice a week and irrigating only once a week for a sample supplied with 100% of the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>); these were labeled T1, T2, T3, T4 and T5, respectively. In phase two, the treatments consisted of depths of 50%, 75%, 100%, 125% of the ET<sub>c</sub>, irrigating once a week and another with 100% ET<sub>c</sub>, irrigating every 14 days, which were denominated T6, T7, T8, T9 and T10, respectively. Harvest of the lemon grass was done after 60 days of

treatments. Plant height, number of tillers per plant, dry mass of the shoots, yield and composition of essential oil were evaluated. Treatment T5, characterized by water stress and a moderate irrigation interval, presented the highest dry matter production, lemongrass productivity, estimate of essential oil productivity and concentration of citral in the first phase. In phase two of this work, T6 corresponded to a sharp increasing water stress, which presented the greatest estimate of essential oil productivity. According to the results observed, it was not possible to define an optimal irrigation depth, however, it was concluded that a single irrigation per week for the conditions of this experiment provided the best result.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A cultura: *Cymbopogon citratus*

O *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf é originário da Índia, sendo conhecido popularmente como capim-limão, capim-santo, capim-cidreira. A espécie é cultivada para produção comercial de óleo essencial, denominado internacionalmente como “lemon grass”. Seu óleo é amplamente utilizado para fins medicinais, sobretudo na forma de chá, e tem seu uso e aplicação nas indústrias farmacêuticas, alimentícias, de cosméticos e perfumaria, por seu forte odor de limão, bem como para obtenção do citral, o principal componente do seu óleo essencial (MARTINAZZO et al., 2007).

O capim-limão é cultivado em ambiente não protegido em praticamente em todos os países tropicais. No Brasil, a produção desta planta ocorre destacadamente nas regiões Sul e Sudeste. No estado do Paraná, maior produtor de plantas medicinais aromáticas do País, a produção de capim-limão ocupa posição de destaque (SEAB/PARANÁ, 2008). A safra 2007/2008 totalizou 2.029,7 t, ocupando 102,6 ha distribuídos em 21 municípios produtores. O valor bruto da produção agrícola desta safra totalizou R\$ 1.045.308,00. Estas cifras levaram este produto a ser classificado como um dos “produtos especiais” mais valorizados no Paraná.

Existem duas subespécies do capim-limão, com óleos essenciais diferentes. A primeira delas, de nome científico *Cymbopogon flexuosus* é conhecida como capim-limão da Índia oriental. O segundo, o *Cymbopogon citratus*, é muito conhecido aqui no Brasil como capim-cidreira, capim-limão ou capim-santo. São plantas diferentes e no Brasil só existe a segunda, o *C.*

*citratum*. A diferença básica entre as duas plantas fica na composição química de seus óleos essenciais (LÁSZLÓ,2010).

Não se sabe ao certo qual a melhor época para o plantio de capim-limão no Brasil. Castro e Chemale (1995) referenciam os meses de março a abril e de agosto a outubro, enquanto que Correa Júnior et al., (1994) indicam setembro a janeiro.

## **1.2. Óleos Essenciais**

O termo óleo essencial é empregado para designar líquidos oleosos, voláteis, dotados de aroma forte, quase sempre agradável, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos (SILVA et al., 1995).

Nascimento et al. (2003) relatam que o componente mais importante do óleo essencial do capim-santo é o citral, sendo uma mistura de isômeros, geranial (a-citral) e neral (b-citral), que é utilizada pela indústria farmacêutica para síntese de ianonas e vitamina A, acompanhado de um pouco de mirceno. Tem ação calmante e espasmolítica comprovada, que é atribuída a presença do citral, considerando-se a atividade analgésica devida ao mirceno (MATOS, 2000).

Na hidrodestilação, os materiais da planta são completamente emergidos em água e destilados. A temperatura não deve exceder 100°C, visando evitar a perda de compostos mais sensíveis. É o método mais antigo de destilação. Em pequena escala, utiliza-se um aparelho denominado Clevenger, o qual é adaptado a um balão onde é colocado o material vegetal e a água. O aquecimento é responsável pela formação de vapor que arrasta os compostos a um condensador onde o hidrolato (mistura óleo + água) é recolhido e posteriormente separado (SIMÕES e SPITZER, 2003).

Na análise dos componentes dos óleos essenciais, a cromatografia gasosa (CG) tem sido usada na separação de um grande número de terpenos, como método de garantia de qualidade de materiais naturais, formulações e caracterização de novos óleos essenciais (LOCKWOOD, 2001).

O detector de ionização de chama é o mais comumente utilizado em cromatografia na detecção e quantificação destes terpenos. Esses constituintes e outros podem ser identificados por cromatografia por meio da comparação com padrões e pela comparação dos índices de retenção de Kovats (IK). Atualmente, o sistema mais utilizado para caracterização e elucidação desses compostos é a técnica de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) (LOCKWOOD, 2001).

### **1.3. Plantas medicinais – comercialização**

As plantas medicinais, aromáticas e condimentares representam enorme potencial como alternativa de diversificação e reconversão nas pequenas propriedades agrícolas, proporcionando maior renda, maior ocupação do solo e da mão-de-obra, além de sustentabilidade produtiva como um todo. Salienta-se que o valor venal das plantas medicinais e aromáticas é, em média, melhor do que a maioria dos produtos agrícolas convencionais e os óleos essenciais, obtidos destas, são ainda mais valorizados. Portanto, trata-se de uma atividade de alta importância econômica (PLANTAS BIOATIVAS, 2001).

A qualidade dos fitoterápicos depende de uma série de fatores, mas tem início na identificação correta da espécie e continua no plantio, na colheita e no beneficiamento. Diversos fatores influenciam na qualidade final do óleo essencial das plantas, como variações climáticas, solo, época de colheita, características genéticas da planta, condições de secagem e tempo de armazenamento (BARBOSA et al., 2006).

Segundo Yadava (2001) o espaçamento é um dos mais importantes fatores que influenciam o crescimento e o rendimento final do cultivo, sendo que o rendimento final do cultivo é dependente da produtividade individual da planta e da população de plantas mantidas por unidade de área.

Nascimento et al. (2003), estudando o efeito do horário de corte do capim-santo (*Cymbopogon citratus*), verificaram que para obter maior rendimento do óleo o mesmo deve ser colhido entre 9 e 11 horas.

#### **1.4. Ambiente Protegido**

O cultivo de capim-limão é feito em campo, porém o experimento foi realizado em ambiente protegido por proporcionar um controle das lâminas de irrigação. Um estudo realizado no estado do Paraná observou que apenas no núcleo de Jacarezinho foi registrada a existência de um ambiente protegido para produção de mudas por perfilho (GOMES et al., 2007).

Este cultivo pode favorecer a produção nas entressafras, em condições climáticas não favoráveis e é largamente utilizado para viabilizar a agricultura em regiões desérticas ou muito frias como em países como o Japão, EUA, Canadá, Rússia e Israel. No Brasil, esse tipo de cultivo teve início no final da década de 60, mas a partir do final da década de 80 é que essa prática se difundiu, atingindo a marca de cerca de 10.000 ha cultivados em ambiente protegido (TIVELLI, 1998).

Comparando-se o cultivo em condições de campo com o ambiente protegido, percebem-se diferenças na radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura do ar e principalmente velocidade do ar, precipitação pluvial e, conseqüentemente, na evapotranspiração.

Pereira et al. (2002) salientam que a evapotranspiração no interior do ambiente protegido é menor do que no ambiente externo devido não somente à redução do saldo de radiação, mas também devido a menor ventilação e a maior umidade do ar no interior do ambiente.

Na literatura, verifica-se que a elaboração de um modelo empírico generalizado de estimativa da evapotranspiração em ambiente protegido é muito delicada, pois as correlações, entre a evapotranspiração no interior de ambientes protegidos e os elementos meteorológicos variam em função, principalmente, do clima da região. Por outro lado, a evapotranspiração apresenta boas correlações com os parâmetros biométricos das plantas cultivadas no interior do ambiente protegido (DALMAGO et al., 2003).

Nos ambientes protegidos, a utilização da irrigação é imprescindível, uma vez que não se pode contar com as precipitações. No entanto, o manejo da irrigação exige atenção especial por parte do produtor. Para

suprir tal demanda das plantas é necessário haver água no solo, em quantidade suficiente e na camada onde estão as raízes das plantas. A profundidade dessa camada de solo varia de espécie para espécie, mas duas ocorrências não mudam: a falta de água nessa camada leva a planta a sofrer estresse por deficiência hídrica e o excesso leva ao estresse por acúmulo de água (MENDONÇA E RASSINI, 2005).

### **1.5. Irrigação**

O conhecimento da quantidade de água consumida durante o ciclo de uma determinada cultura permite adequar o manejo do sistema de irrigação, evitando excessos e déficits, sendo esta mais uma prática importante para a preservação deste recurso natural essencial à vida.

Quando o cultivo do capim-limão não é irrigado, é necessário que o plantio coincida com época de precipitação frequente e abundante.

De acordo com Ortiz et.al (2002), a irrigação representa uma das etapas fundamentais até os 25 dias após o plantio do capim-limão.

O sistema de irrigação, por gotejamento, oferece algumas vantagens neste sentido, proporciona alta uniformidade de aplicação de água, elevada eficiência do sistema, baixa quantidade de água perdida por percolação profunda e evaporada da superfície do solo, bom controle do volume de água a ser aplicada em cada irrigação, adaptação a diferentes tipos de solo e topografia, possibilidade de ser utilizada com água salina e em solos salinos e aplicação de fertilizantes diluídos na água de irrigação (BERNARDO et al., 2006).

A irrigação apresenta-se como tema estratégico para o desenvolvimento nacional. Emerge como fator determinante nas mais variadas condições de clima, solo, cultura e socioeconômica. De acordo com a publicação Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2009), da Agência Nacional de Águas, o Brasil possui uma superfície territorial de 851 milhões de hectares e, em torno de 29% desta superfície, é explorada com agropecuária, ou seja, cerca de 249 milhões de hectares, dos quais 77 milhões com lavouras e 172 milhões com pastagens. O potencial de solos

para o desenvolvimento sustentável da irrigação é de, aproximadamente, 30 milhões de hectares, no entanto, somente uma pequena parcela deste potencial é explorada: cerca de 10% da área irrigável.

O Brasil, pelos dados anteriores, ocupa a 16<sup>o</sup> posição mundial, sendo responsável por pouco mais de 1% da área total irrigada no mundo que é de 277 milhões de hectares. É, portanto, um dos países com menor relação “área irrigada”/ “área irrigável”, além de exibir baixa taxa de hectares irrigados/habitante (0,018 ha/hab), a menor da América do Sul.

A cultura do capim-limão irrigada adequadamente pode proporcionar maior produtividade, rentabilidade, produção de óleo.

## **1.6. Evapotranspiração**

A ação combinada dos fatores que afetam a evapotranspiração das culturas faz com que o consumo de água em condições protegidas seja, em geral, menor que em condições de campo (SILVA e MAROUELLI, 1998). Reduções entre 20 e 30% da demanda hídrica acumulada têm sido comumente encontradas nas primeiras pesquisas realizadas no Brasil (TIVELLI, 1998).

A água é um recurso produtivo muito importante e, portanto, é necessário maximizar a resposta obtida com sua aplicação, seja a água proveniente de chuvas ou de irrigação. Portanto, o conhecimento das relações entre a água, o solo, a planta e a atmosfera são fundamentais para a otimização de seu uso em sistemas de produção (MENDONÇA E RASSINI, 2005).

Neste sentido, uma das formas de condução do manejo é por meio do monitoramento das condições meteorológicas, mais especificamente pela determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), tendo como base a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) define a demanda de água da cultura, sendo de fundamental importância na determinação da lâmina de irrigação a ser aplicada. (MANTOVANI e COSTA, 1998).

Para utilização da ETo, são necessários coeficientes para corrigir o valor de referência. Estes coeficientes variam com a cultura e seu estágio de desenvolvimento, as condições ambientais, o sistema e o manejo da irrigação, dentre outros, sendo eles os coeficientes de cultura (Kc), de estresse hídrico (Ks) e o de localização ou ajuste específico (KI).

DOORENBOS e PRUITT (1977) e DOORENBOS e KASSAM (1979) reuniram informações a respeito das necessidades hídricas das culturas, apresentando amplo estudo sobre Kc na maioria das espécies cultivadas comercialmente. O método consiste em dividir o ciclo da cultura em quatro fases de crescimento, definindo-se um Kc específico para cada fase. ALLEN et al. (1998) atualizaram essa metodologia, propondo equações para ajustar os Kc em razão de variações climáticas.

Os valores adotados de Kc para a cultura do capim-limão foi o mesmo de gramíneas, por não existir um coeficiente específico para a cultura. Os valores de Kc mínimo, médio e máximo foram respectivamente 0,6, 0,8 e 1,05. As gramíneas atingem o Kc máximo de 6 a 8 dias após o corte.

O coeficiente de estresse hídrico (Ks) promove o ajuste da evapotranspiração de referência para a evapotranspiração da cultura em função do nível de umidade real do solo ao longo do ciclo de crescimento (BERNARDO et al., 2006).

Em média, a irrigação localizada se concentra em torno 1/3 a 2/3 da área cultivada, reduzindo a evapotranspiração em razão do decréscimo da área molhada e da área sombreada pela cultura (PIZARRO 1990). O coeficiente de localização (KI) ajusta a evapotranspiração gerada a partir da irrigação total em irrigação promovida a partir de irrigação pontual.

A evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith pode ser considerada também como padrão para a determinação de ETo em condições de casa de vegetação, não necessitando de ajuste quando se utilizam valores médios de três dias e elementos meteorológicos obtidos no interior da casa de vegetação (FACCIOLI et al., 1998)

Considerando os aspectos abordados, e a falta de informações de irrigação na cultura do capim-limão, objetivou-se com este trabalho quantificar o efeito de diferentes lâminas de irrigação, na produtividade,

altura, número de perfilhos, massa seca, produção e composição do óleo essencial.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, MG, no período de 16 de maio a 14 de julho e de 3 de agosto a 1 de outubro de 2009.

Foi utilizado um ambiente protegido com as seguintes características: a) dimensões: 6,0 x 8,0 x 3,0 m; b) cobertura: filme plástico de polietileno de alta densidade de 150 microns, transparente, instalado com peça única; c) telhado lateral de fechamento: foi utilizado sombrite a 30%; d) mureta perimetral: construída em concreto com 0,30 m de altura e 0,06 m de largura; e) abertura: 0,30 m de altura, entre a mureta perimetral e o sombrite. A implantação do experimento em ambiente protegido foi definida com o intuito de evitar a influência de eventuais precipitações, embora possa ser uma opção para produção em que as condições climáticas sejam inadequadas.



Figura 1 – Vista do ambiente protegido, cobertura de filme plástico de polietileno transparente, telhado lateral de fechamento de sombrite e a mureta de concreto.

O solo da área experimental foi um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico classificado pelo Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da UFV, segundo EMBRAPA (1997).

As análises químicas do solo foram realizadas no laboratório de química dos solos do mesmo departamento. Tais análises possibilitaram a recomendação de adubação em conformidade com as necessidades da cultura do capim-limão em fase de crescimento, e, também, a classificação textural e a determinação da curva de retenção de água dos solos, estabelecendo, assim, as umidades do solo no ponto de murcha permanente (PMP) e na capacidade de campo (CC), referência para a definição das lâminas de irrigação a serem aplicadas.

Considerando a disponibilidade total de água no solo como a quantidade de água existente entre a CC e o PMP, utilizou-se como fator  $f$  para definir a disponibilidade real de água no solo o valor de 50% (BERNARDO et al., 2006).

Nas tabelas 1 e 2 seguem os resultados das análises físico-hídrica e química do solo.

Tabela 1 - Resultado das análises físico-hídricas do solo (granulometria e retenção de água do solo) para o solo da área experimental

Solo	Granulometria				Umidade		
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Densidade do solo	PMP	CC
	dag/kg				g/cm <sup>3</sup>	% (em peso)	
S <sub>1</sub>	28	12	2	58	1,07	21,79	38,42

Tabela 2 - Resultados analíticos das análises químicas do solo da área experimental

Camadas	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	V	MO
M	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				%	dag/kg
0-0,2	5,26	146,7	339	5,65	1,30	0,00	7,91	66,4	3,39
0,2-0,4	5,43	30,8	259	4,08	1,00	0,00	5,74	58,6	2,35

Utilizaram-se mudas de capim-limão provenientes de matrizes existentes no grupo de plantas medicinais Entre Folhas da UFV. Com espaçamento de 0,30 x 0,30 m entre plantas. O plantio das mudas foi realizado em novembro de 2008. Após 180 dias foi realizada a primeira poda e em seguida iniciado os tratamentos. Neste mesmo dia, houve uma adubação com NPK 20-5-20 na dosagem de 325 kg ha<sup>-1</sup>, considerando os resultados da análise química e recomendação de Blank et.al (2007) e aplicação de uma lâmina de irrigação para atingir a capacidade de campo do solo. Após 60 dias do início dos tratamentos, realizou-se a poda para a quantificação dos dados analisados.

O sistema de irrigação utilizado foi localizada via gotejamento, com vazão de 0,93 L h<sup>-1</sup>, intensidade de aplicação de 4,12 mm h<sup>-1</sup>, pressão de serviço de 5 mca e espaçamento entre emissores de 0,15 m. A avaliação do

sistema de irrigação resultou na determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) de 98% (BERNARDO et al., 2006).

A figura 2 apresenta-se uma vista da área experimental no início mostra a vista parcial do experimento no início da implantação dos tratamentos e, a figura 2 uma vista do experimento da etapa 1 na fase final, próximo da data de corte.



Figura 2 - Vista parcial do experimento, com as plantas após o corte, observando os canteiros de cada tratamento e o sistema de irrigação localizada.

Na etapa um do experimento, de 16 de maio a 14 de julho o delineamento estatístico foi em blocos inteiramente casualizados com 5 tratamentos e 3 repetições, sendo 6 plantas por parcela, considerando 2 plantas úteis por parcela. Cada tratamento constituiu um regime hídrico: sendo tratamento 1 ( $T_1$ ) = 50% da ETc (estresse hídrico crescente); tratamento 2 ( $T_2$ ) = 75% da ETc (estresse hídrico crescente e moderado); tratamento 3 ( $T_3$ ) = 100% da ETc (sem estresse hídrico); tratamento 4 ( $T_4$ ) = 125% da ETc (sem estresse e com excesso de água), todos irrigando duas vezes por semana e o tratamento 5 ( $T_5$ ) = 100% da ETc irrigando uma vez

por semana (estresse hídrico e intervalo de irrigação moderados), durante 60 dias (Figura 2).



Figura 3 - Vista parcial da primeira etapa do experimento na época do corte, após 60 dias de aplicações das lâminas referentes a cada tratamento.

Com os resultados obtidos e analisados da etapa um do experimento, montou-se segunda etapa, de 3 de agosto a 1 de outubro de 2009, com o intuito de verificar quais as melhores lâminas e frequência de irrigação. O delineamento experimental foi o mesmo da etapa 1. Cada tratamento constitui um regime hídrico: sendo tratamento 6 ( $T_6$ ) = 50% da ETc (estresse hídrico crescente acentuado); tratamento 7 ( $T_7$ ) = 75% da ETc (estresse hídrico crescente e moderado); tratamento 8 ( $T_8$ ) = 100% da ETc (sem estresse hídrico); tratamento 9 ( $T_9$ ) = 125% da ETc (sem estresse hídrico e com excesso), irrigando uma vez por semana e tratamento 10 ( $T_{10}$ ) = 100% da ETc irrigando uma vez a cada 14 dias (estresse hídrico moderado e intervalo de irrigação elevado), durante 60 dias (Figura 4).



Figura 4 - Vista parcial da primeira etapa do experimento na época do corte, após 60 dias de aplicações das lâminas referentes a cada tratamento.

As lâminas de irrigação aplicadas foram calculadas pelo “software” IRRIPLUS<sup>®</sup>, com o cadastramento dos dados diários por intermédio de uma estação meteorológica modelo Micrometos, instalada dentro do ambiente protegido. Os dados obtidos na estação meteorológica foram umidade relativa, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, velocidade do ar e radiação solar. Por meio desses dados foram calculadas a evapotranspiração diária, as lâminas de irrigação a serem aplicadas em cada tratamento e o tempo de irrigação.

O “software” IRRIPLUS<sup>®</sup> é uma ferramenta de gerenciamento de irrigação que permite, uma vez cadastradas as informações da cultura, solo, sistema de irrigação e das parcelas, simular com o banco de dados climáticos a evapotranspiração da cultura de interesse e, por meio de um balanço hídrico diário, estimar a necessidade de irrigação e a capacidade do equipamento instalado de atendê-la (MANTOVANI et al., 2006).

Com o “software” IRRIPLUS®, realizaram-se as estimativas de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), utilizando os dados meteorológicos dentro da casa de vegetação e o método padrão de Penman-Monteith (Equação 1) parametrizado pela FAO, em 1998 (ALLEN, et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta \left[ \left( R_n - G \right) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} u_2 (e_s - e_a) \right]}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

em que

ET<sub>o</sub> - evapotranspiração de referência, mm d<sup>-1</sup>;

R<sub>n</sub> - saldo de radiação à superfície, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

G - fluxo de calor sensível no solo, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

T - temperatura média do ar a 2 m de altura, °C;

u<sub>2</sub> - velocidade do vento a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>;

e<sub>s</sub> - pressão de saturação de vapor, kPa;

e<sub>a</sub> - pressão atual de vapor, kPa;

Δ - declividade da curva de pressão de saturação, kPa °C<sup>-1</sup>, e

γ - coeficiente psicrométrico, kPa °C<sup>-1</sup>.

O manejo da irrigação foi conduzido com auxílio do software IRRIPLUS®, que calcula a evapotranspiração da cultura a partir da evapotranspiração de referência, multiplicando-a por coeficientes de ajuste:

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_s \times K_l \quad (2)$$

em que

ET<sub>c</sub> - evapotranspiração da cultura, mm d<sup>-1</sup>;

K<sub>c</sub> - coeficiente da cultura, adimensional;

Ks - coeficiente de estresse hídrico, adimensional e,

Kl - coeficiente de localização, adimensional.

Para as duas etapas utilizou-se valores de Kc de 0,6; 0,8 e 1,05 para as fases inicial, desenvolvimento e final, respectivamente. Os valores de Ks foram do modelo logaritmo (Bernardo et al., 2006), descrito pela equação 3 a seguir:

$$K_s = \frac{\text{Ln}(LAA+1)}{\text{Ln}(CTA+1)} \quad (3)$$

em que

Ks = coeficiente de umidade do solo (adimensional);

Ln = logaritmo neperiano;

CTA = capacidade total de água no solo, em mm; e

LAA = lâmina atual de água no solo, em mm.

Para o ajuste devido a localização (Kl) da irrigação (irrigação por gotejamento) utilizou-se o modelo de Keller-Bliesner, que tem sido recomendado para uso geral (Bernardo et al., 2006) e está descrito na equação 4:

$$Kl = 0,1\sqrt{P} \quad (4)$$

em que

P = percentagem da área sombreada ou molhada (%) prevalecendo maior valor.

## 2.1. Coleta das Amostras

O corte do material para análise foi realizado sempre as 9:00hs, devido, na literatura, os resultados encontrados serem de maior teor de citral.

- **Matéria Fresca Total (MFT):** Ao final do experimento, as folhas foram cortadas a 0,20 m do solo, sendo imediatamente pesadas, para determinação da massa de matéria fresca.

- **Matéria Seca Total (MST):** Foi utilizada a parte da matéria fresca total, para obtenção da matéria seca total. O material foi colocado em estufa a 60 °C, até massa constante.

- **Número de perfilhos:** Após o corte de todo o material para quantificação de matéria fresca total, contou-se o número de perfilhos das plantas úteis.

- **Altura das Plantas:** Antes de se fazer a poda das plantas, mediu-se a altura das plantas úteis com uma trena, medindo do solo até o final da folha.

- **Produtividade:** Foi obtida a partir dos valores do peso da matéria seca total, onde foi utilizada uma balança de precisão de 0,01g. De posse do o número de plantas por ha, o valor da produtividade foi calculado para toneladas por ha.

## **2.2. Determinações**

### **2.2.1. Teor de água**

O teor de água das amostras foi determinado pelo método gravimétrico recomendado pela ASAE (2000) para forrageiras e plantas similares, utilizando-se 25 g de produto, em três repetições, em estufa com circulação forçada de ar a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , durante 24 h.

### **2.2.2. Extração do óleo essencial**

As análises do óleo essencial foram realizadas no Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos (LASA), pertencente ao Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa.

O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação, utilizando o aparelho Clevenger (Figura 5) adaptado a um balão de 2 L, onde foi colocada uma amostra de 90g da planta fresca, juntamente com 1L de água destilada. Para facilitar a extração do óleo essencial, as folhas foram cortadas transversalmente a cada 0,02 m. O tempo de extração foi de 90 minutos, contados a partir do momento da ebulição, tempo esse determinado por testes preliminares.



Figura 5 - Aparelho de Hidrodestilação Clevenger usado para a extração do óleo essencial.

A separação da fase aquosa e do óleo essencial foi executada com três extrações usando 50 mL de pentano como solvente extrator, para cada extração, em um funil de separação. A fase aquosa foi descartada e a fase orgânica secada com sulfato de magnésio anidro ( $MgSO_4$ ) em excesso, para retirada total de água. Em seguida, a solução foi filtrada e o solvente evaporado sob pressão reduzida, a  $40^\circ C$ , no evaporador rotativo, até atingir massa constante. A quantificação do óleo essencial foi efetuada por meio de pesagem, em balança analítica com precisão de 0,0001g. Posteriormente, foram expressos em porcentagem de óleo em relação à matéria fresca do produto (%m.f.).

O óleo foi acondicionado em frascos de vidro de 5 mL, armazenados sob atmosfera de nitrogênio, envoltos em papel alumínio e mantidos sob refrigeração a 4°C, até o momento da análise qualitativa (cromatografia).

### **2.2.3. Determinação da composição do óleo essencial**

#### **2.2.3.1. Análise qualitativa dos constituintes do óleo essencial**

A identificação dos compostos foi realizada utilizando-se a técnica de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), em equipamento Shimadzu, modelo GC 17A, com detector seletivo de massa, modelo QP 5000 - Shimadzu. A coluna cromatográfica utilizada foi do tipo capilar de sílica fundida com fase estacionária DB-5 de 0,25 µm de espessura, 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. Utilizou-se hélio como gás carreador a um fluxo de 1,8 mLmin<sup>-1</sup>. A temperatura foi de 220°C no injetor e 240°C no detector. A temperatura inicial do forno foi mantida a 40 °C por dois minutos, sendo programada para ter acréscimos de 3°C a cada minuto até atingir a temperatura máxima de 240°C, na qual foi mantida por mais 20 minutos fornecendo um tempo de análise de 88 minutos. A razão de split utilizada foi de 1:5 e o tempo de corte do solvente de 5 minutos. Foram detectados no espectrômetro de massas somente íons com a razão carga massa m/z entre 30 e 500.

O volume da amostra injetado foi de 1 µL, na concentração de 10.000 ppm, utilizando como solvente o hexano. A identificação dos compostos foi realizada por comparação dos espectros de massas sugeridos pela biblioteca presente no aparelho (Wiley,1999) e pelo índice de Retenção de Kovats (índice de retenção relativo) de cada componente, determinada por meio da Equação 5 (LANÇAS, 1993).

Foi empregada uma mistura de padrões de alcanos C8-C16 adicionada à solução dos voláteis, para aplicação da fórmula: onde I é o índice de retenção na fase líquida a na temperatura b, e t'R (N) e t'R (N+n) são os tempos de retenção corrigidos dos hidrocarbonetos de números de

átomos de carbono (N) e (N+n) que são respectivamente, menor e maior do que o tempo de retenção corrigido do composto desconhecido, t'R (A).

$$IK = 100N + 100n \frac{\log t'R(A) - \log t'R(N)}{\log t'R(N+n) - \log t'R(N)} \quad (5)$$

em que

IK - índice de Kovats;

NC - número de carbonos do hidrocarboneto imediatamente anterior ao componente avaliado;

t'RX - tempo de retenção do componente avaliado;

t'RZ - tempo de retenção do hidrocarboneto imediatamente anterior ao componente avaliado,e

t'R(Z+1) - tempo de retenção do hidrocarboneto imediatamente posterior ao componente avaliado.

Para a construção da curva padrão de hidrocarbonetos para cálculo dos índices de Kovats, preparou-se uma solução de hidrocarbonetos lineares, variando-se desde hexano a tetracosano. No preparo dessa solução, pesou-se 2 mg de cada hidrocarboneto em um mesmo frasco, sendo a massa final solubilizada em 2 mL de hexano, obtendo-se uma solução de 1000 ppm em relação a cada hidrocarboneto. A solução foi analisada em cromatógrafo gasoso, acoplado ao espectrômetro de massas, nas mesmas condições operacionais utilizadas nas amostras de óleo essencial.

Os espectros no infravermelho (IV) das amostras de óleo foram obtidos em cristal de iodeto de césio em filme líquido, utilizando-se espectrômetro Perkin Elmer Spectrum 1000.

### **2.2.3.2. Análise quantitativa dos constituintes do óleo essencial**

As análises de quantificação dos constituintes do óleo essencial foram realizadas em cromatógrafo a gás Shimadzu GC-17 A, equipado com

detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida com fase estacionária DB-5 de 0,25  $\mu\text{m}$  de espessura, 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. Utilizou-se nitrogênio como gás carreador a um fluxo de 1,33  $\text{mL min}^{-1}$ . A temperatura inicial da coluna foi mantida a 60°C por um minuto, sendo programada para ter acréscimos de 3°C a cada minuto, até atingir a temperatura máxima de 240°C, fornecendo um tempo de análise de 61 minutos. A razão de split foi 1:10, e o tempo de corte do solvente de 5 minutos. As temperaturas do injetor e do detector foram fixadas em 250°C.

O volume da amostra injetado foi de 1  $\mu\text{L}$ , na concentração de 2000 ppm, utilizando como solvente o diclorometano HPLC. Os constituintes foram quantificados baseando-se na comparação dos tempos de retenção dos compostos, que foram similares nas duas técnicas. Utilizou-se o método de normalização em que o valor total das áreas dos picos é considerado 100% e a porcentagem de cada sinal é calculada por meio de sua área.

### **2.3. Análise estatística dos dados obtidos no experimento**

Os dados foram submetidos à análise de variância e aplicação de teste de Tukey para identificar a lâmina de irrigação que proporciona os melhores resultados nas variáveis de interesse. O “software” SAS 9.1 foi utilizado para realizar as análises ao nível de 5% de significância.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Primeira etapa

Os valores de temperatura média, mínima e máxima dentro do ambiente protegido, estão detalhados na Figura 6. As médias das temperaturas foram de 11,98°C, 18,38°C e 28,94°C, respectivamente para as temperaturas mínimas, médias e máximas. O dia mais frio foi o dia 22 de junho com temperatura de 7,6°C e a maior temperatura de 36,2°C ocorreu no dia 27 de maio de 2009. De acordo com Ortiz et al. (2002), a melhor adaptação da cultura do capim limão se encontra nas zonas onde a temperatura média mensal é de 24 a 26 °C, valores de temperatura acima de 35°C prejudicam seu crescimento.

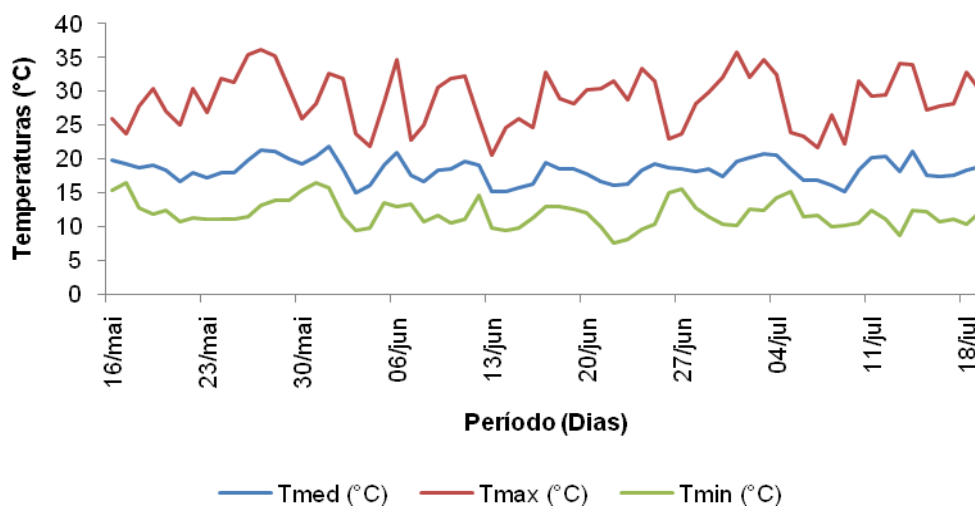


Figura 6 - Valores diários de temperaturas médias, mínimas e máximas dentro do ambiente protegido durante o cultivo do capim-limão, Viçosa, MG, 2009.

Os valores obtidos de umidade relativa do ar ficaram entre 80 e 100%, como mostra a Figura 7.

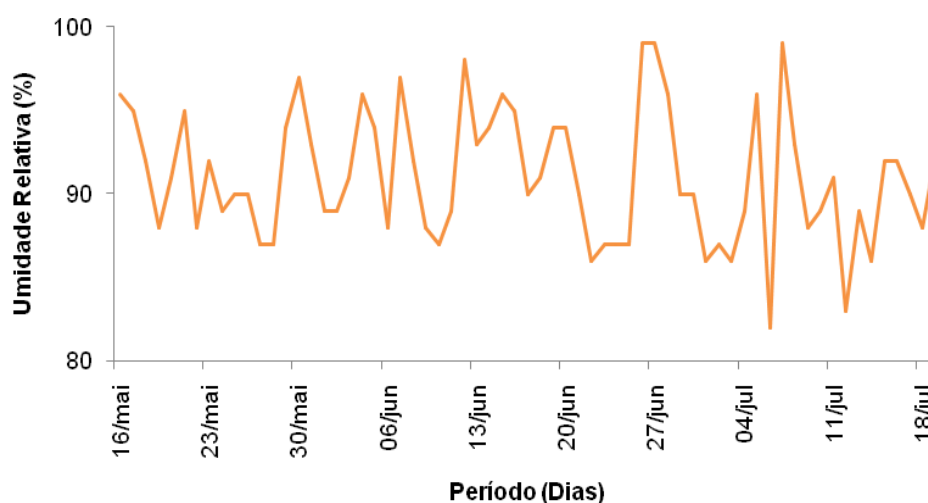


Figura 7 - Valores diários da umidade relativa do ar no ambiente protegido. Viçosa, MG, 2009.

Na Figura 8, são apresentados os valores diários de radiação solar global no ambiente protegido no período em questão.

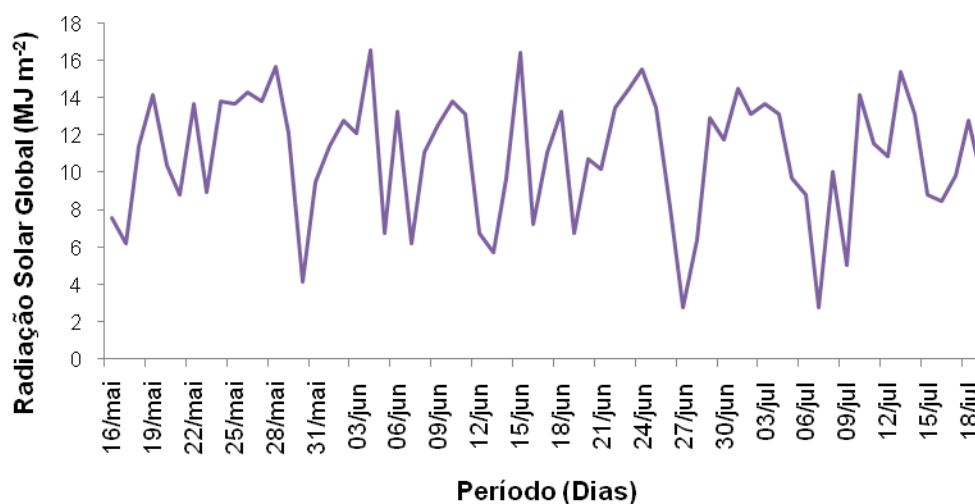


Figura 8 - Valores diários de radiação solar global no ambiente protegido. Viçosa, MG, 2009.

Na Figura 9, pode-se observar que os valores da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) variaram de 0,31 mm a 1,72 mm, sendo que nesses dias o valor da radiação solar global foi de 2,76 MJ m<sup>-2</sup> e de 16,42 MJ m<sup>-2</sup> (Figura 8), respectivamente.

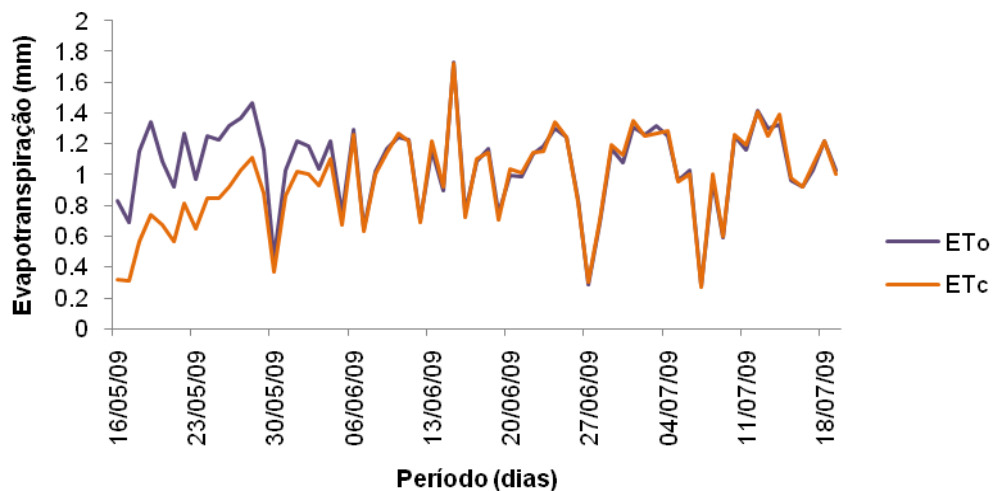


Figura 9 - Demanda evapotranspirométrica estimada pelo método de Penman-Monteith durante o ciclo para a cultura do capim-limão em ambiente protegido.

Os valores de evapotranspiração, dentro do ambiente protegido, são inferiores quando comparados a valores externos. A ação combinada dos fatores que afetam a evapotranspiração das culturas faz com que o consumo de água em condições protegidas seja, em geral, menor que em condições de campo (SILVA e MAROUELLI, 1998).

Quando se compara o cultivo em ambiente protegido com o cultivo a céu aberto, verifica-se que a evapotranspiração de referência e a evapotranspiração da cultura é geralmente menor no interior do ambiente protegido do que externamente, atribuindo-se, basicamente, à parcial opacidade da cobertura plástica e à redução da ação dos ventos, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera. Em geral, a evapotranspiração no interior do ambiente protegido fica em torno de 60-80% da verificada no exterior (FARIAS et al., 1993).

Considerando que a velocidade do vento em condições de ambiente protegido depende do manejo do sistema de abertura lateral e são em geral muito baixos, fixou-se valores da velocidade do vento de  $0,5 \text{ m s}^{-1}$  para todos os dias do ciclo da cultura, permitindo desta forma a utilização da equação de Penman-Monteith para o cálculo de ETo.

Na Tabela 3, apresenta-se o resumo do teste de médias para Altura, Massa Seca (MS), Número de Perfilhos (adimensional), Produtividade (Prod) e Estimativa de Produtividade de Óleo Essencial (Estimativa).

Tabela 3 - Teste de Tukey para as variáveis: altura, massa seca (g), perfilho (adm), produtividade (t ha<sup>-1</sup>), rendimento de óleo essencial (%) e estimativa de produtividade do óleo (t ha<sup>-1</sup>)

Trat	Altura (m)	M. S. (g)	Perfilho (adm.)	Prod (t ha <sup>-1</sup> )	R. O (%m.f.)	Estimativa (t ha <sup>-1</sup> )
1	1,23 a	327,55 b	147,67 a	32,69 b	2,5674 a	0,163 b
2	1,25 a	356,08 b	141,00 a	32,29 b	2,4633 a	0,163 b
3	1,13 a	333,02 b	114,67 a	37,00 b	2,4777 a	0,183 b
4	1,17 a	343,50 b	118,00 a	30,33 b	2,4082 a	0,153 b
5	1,25 a	500,44 a	126,00 a	55,60 a	2,5169 a	0,255 a
C.V	4,01	17,95	21,15	15,53	10,56	14,12

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Conforme observado na Tabela 3, a massa seca e conseqüentemente a produtividade do capim-limão e também a produção do óleo essencial foram as variáveis que apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

O tratamento T5 foi o que resultou em maior produtividade e o de maior produção de óleo essencial, a discussão destes aspectos serão detalhados posteriormente ao avaliar a curva de variação das umidades em cada tratamento.

As lâminas correspondentes a cada tratamento no decorrer do ciclo estão na Figura 10.

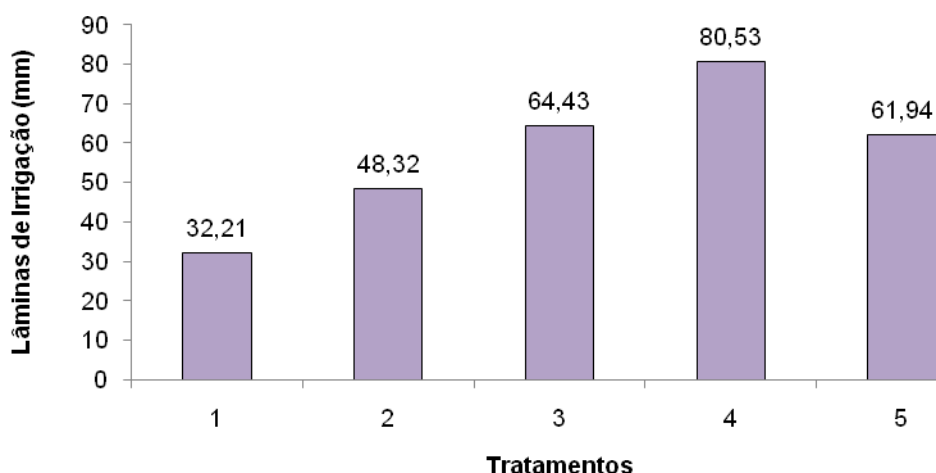


Figura 10 – Valores das lâminas de irrigação, em mm, de cada tratamento, durante o ciclo da cultura.

Observa-se que a aplicação de lâminas ocorreu dentro das percentagens programadas, crescentes de T1 para T4 (50% até 125%) e o estabelecimento de lâminas bem próximas entre os tratamentos 3 e 5. A diferença (64,43 mm e 61,94 mm) se deve as variações normais da ETc em função do coeficiente Ks. É importante fixar que a eficiência de irrigação adotada foi de 0,98, muito próxima da unidade em função da excelente uniformidade de distribuição de água (CUC=98%).

Na Figura 11, apresenta-se o rendimento de óleo essencial e as lâminas de irrigação de cada tratamento.

Homer et al. (2000) estudando a espécie de planta medicinal, *Melaleuca Alternifolia* (Myrtaceae) constataram que a deficiência hídrica severa diminui o teor de óleo essencial, porém não influencia na composição química dos principais componentes do óleo essencial.

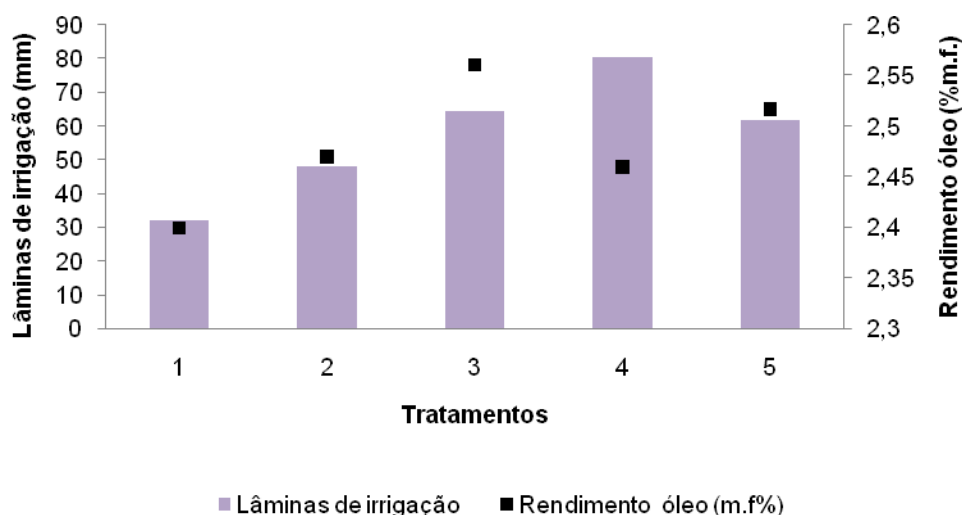


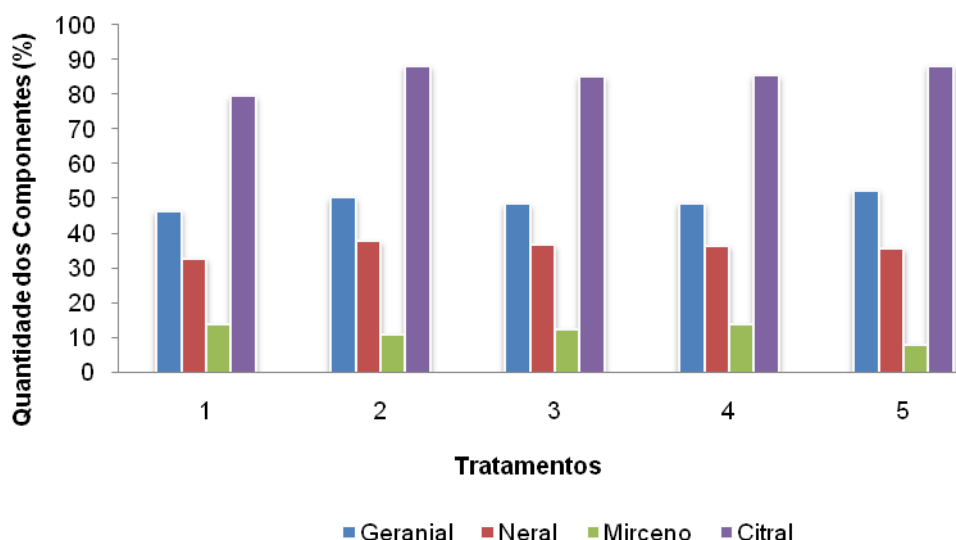
Figura 11 - Rendimento do óleo essencial de capim-limão em (%m.f.), e as lâminas de irrigação aplicadas em (mm), para os diferentes tratamentos.

Porém, Handique e Gupta (1984) registraram que o cultivo de *Cymbopogon citratus*, nas condições de Jorhart (Índia), mostrou grande variação no conteúdo de óleo essencial durante o ano. Ao relacionar os rendimentos de óleo com as variações de temperatura, evidenciaram que o aumento ou diminuição desta, tem uma pequena relação com o conteúdo mensal de óleo.

Como ilustrado na Figura 12, os componentes do óleo essencial de maiores destaques encontrado foram os mesmos para todos os tratamentos, geranial, neral e mirceno. A mistura dos isômeros geranial e neral forma o componente citral.

Ocorreu diferença significativa a 5% de probabilidade no teste de Tukey entre as quantidades encontradas de cada componente em função da lâmina de água aplicada.

Neste caso, o tratamento que se diferenciou estatisticamente foi o T4. Mesmo com esta diferença, todos os tratamentos se enquadram como produto comercializável, por apresentarem no mínimo 75% de citral em sua composição, de acordo com Almeida e Canecchio Filho (1973).



Figuras 12 - Principais componentes do óleo essencial das folhas frescas de capim-limão, cultivados em Viçosa.

Nascimento et al. (2006), avaliando a influência do horário de corte na produção de óleo essencial do capim santo *Andropogum sp*, irrigado por aspersão duas vezes por semana, aplicando uma lâmina de 20mm, encontraram valores de percentagem relativa de citral na composição do óleo essencial variando de 79,02 a 91,71%.

Na Tabela 4, apresenta-se o resumo do teste de médias para os componentes do óleo essencial do capim-limão: geranial (a-citral), neral (b-citral), mirceno e o composto citral (a-citral + b-citral).

Tabela 4 - Teste de Tukey para as variáveis: geranial (a-citral), neral (b-citral), mirceno, e do composto citral (a-citral + b-citral).

Trat	Componentes			Citral
	Geranial (a-citral) (%)	Neral (b-citral) (%)	Mirceno (%)	( a-citral + b-citral) (%)
1	46,59 a	32,91 b	13,90 a	79,50 b
2	50,34 a	37,77 a	10,87 a	88,11 b
3	48,47 a	36,66 a	12,43 a	85,13 b
4	48,80 a	36,62 a	13,84 a	85,42 b
5	52,50 a	35,78 ab	8,09 a	88,29 a
C.V	3,90	2,52	21,98	2,01

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

A tabela referente ao tempo médio de retenção e o índice de Kovats dos componentes identificados pelo cromatograma do óleo essencial encontra-se no apêndice A.

Os cromatogramas obtidos para cada amostra de óleo analisada encontram-se nas Figuras 01 a 05 do Apêndice B.

Nas Figuras de 13 a 17, são apresentados os balanços hídricos do solo, cultivado com a cultura do capim-limão, bem como as variações de umidade do solo e as irrigações realizadas para cada tratamento. A CC, PMP, da, profundidade radicular e fator f foram respectivamente, 38,42%, 21,79%,  $1,26 \text{ g cm}^{-3}$ , 0,40 m e 50%.

Em geral em todos os tratamentos a umidade do solo se comportou conforme esperado, com o “software” IRRIPLUS<sup>®</sup> sendo muito efetivo para prever a umidade do solo. A umidade diminuía gradativamente com a ETC e as irrigações em cada tratamento permitiam a reposição até os níveis estipulados de 50 a 125%.

No tratamento de estresse hídrico crescente (T1) Figura 13, a umidade do solo ficou abaixo da umidade de segurança, contribuindo para que a cultura do capim-limão sofra um estresse hídrico a partir da metade do ciclo da cultura, mas os níveis aplicados não foram suficientes produzindo para afetar significativamente os componentes de produção de matéria seca e o rendimento do óleo, comparativamente aos demais tratamentos (75 a 125%) com a mesma freqüência de irrigação.



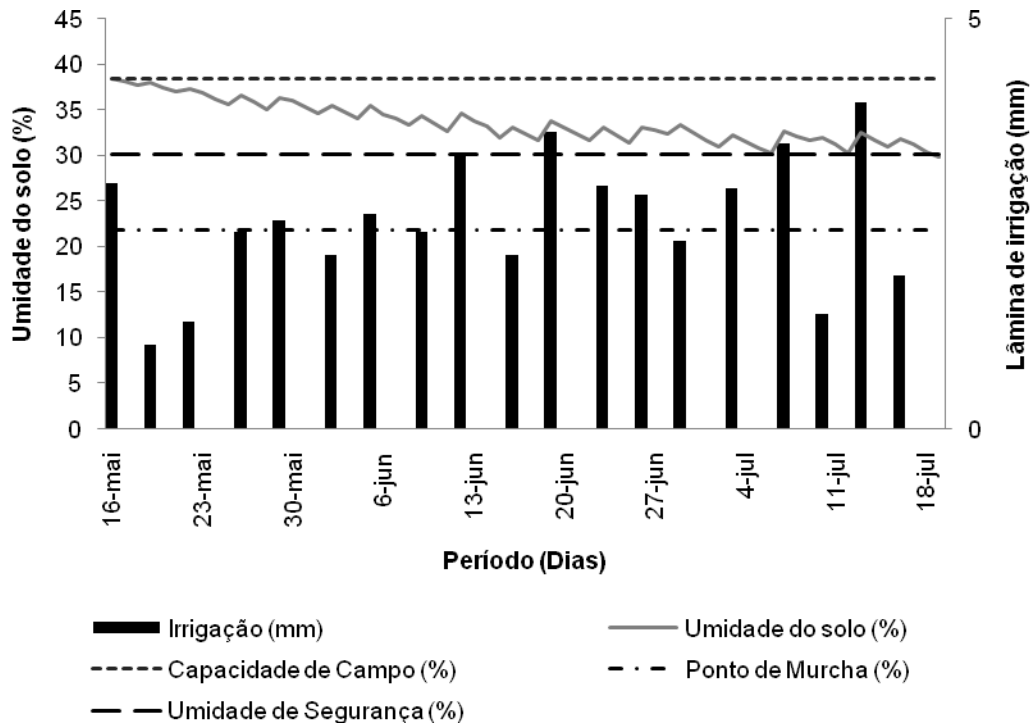


Figura 14 - Balanço hídrico do solo cultivado com capim-limão no tratamento 2, correspondente a reposição de 75% da ETC e frequência de irrigação de 3 dias.

A reposição das lâminas de água para o tratamento sem estresse hídrico (T3) Figura 15, foi de 100% da evapotranspiração. Portanto, a umidade do solo permaneceu próxima da capacidade de campo. A medida que o solo perdia água, a mesma era repostada na quantidade igual ou bem próxima, elevando o solo novamente a capacidade de campo.

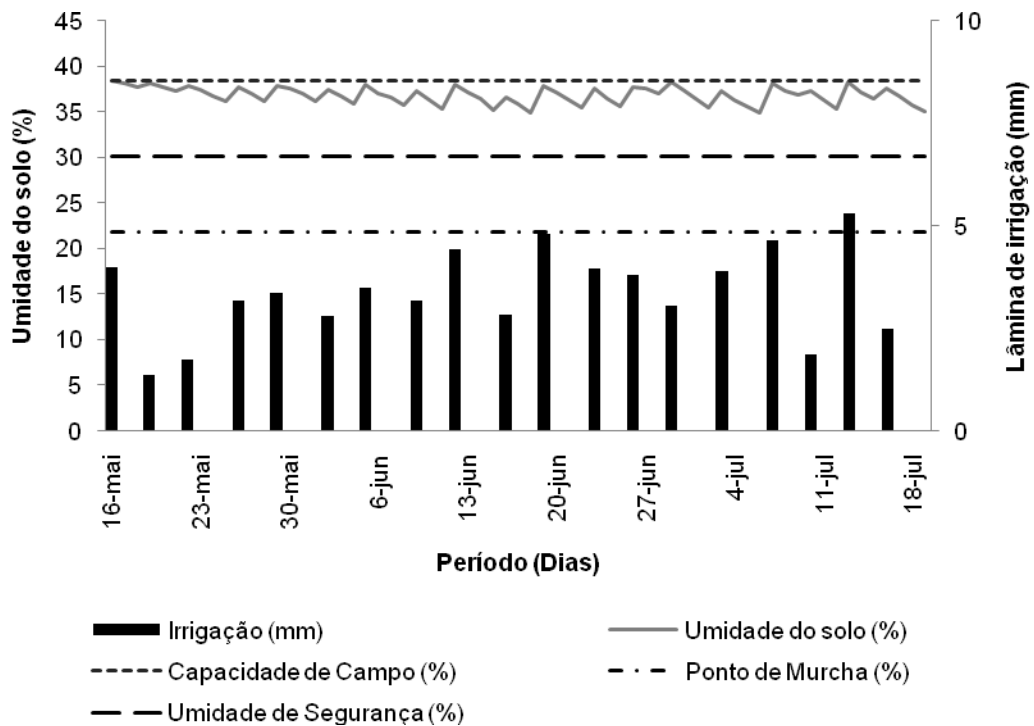


Figura 15 - Balanço hídrico do solo cultivado com capim-limão no tratamento 3, correspondente a reposição de 100% da ETC e frequência de irrigação de 3 dias.

Nos tratamentos anteriores (T1 a T3) a reposição de água devido a irrigação foram 50%, 75% e 100% da ETC, no tratamento T4 a reposição foi superior ao valor máximo esperado, aplicando-se 125% da ETC, para garantir que os tratamentos anteriores maximizaram a produtividade do capim-limão.

No tratamento T4 observou-se uma lâmina de irrigação de 16,1 mm superior ao tratamento T3, correspondendo a 24,9% de excesso sobre a lâmina necessária (ETC), atingindo os limites de excesso proposto, sendo que tal tratamento é importante para garantir que se aplicou a lâmina adequada no tratamento anterior. Na figura 16 apresentam-se os resultados do tratamento T4, sem estresse hídrico e com excesso de água.

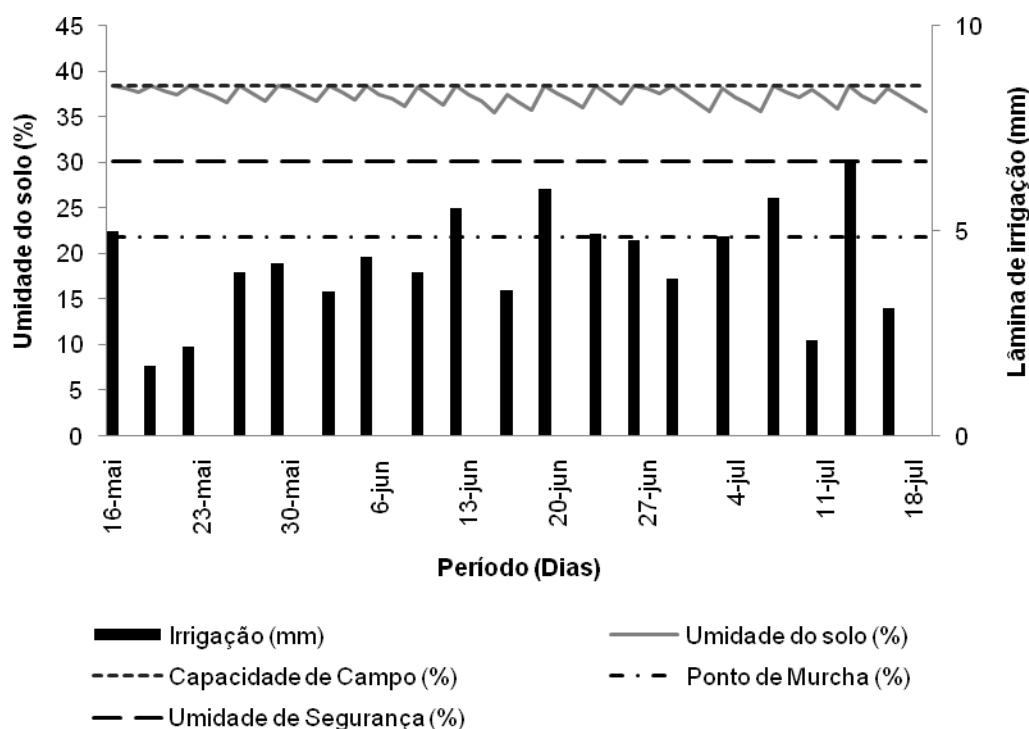
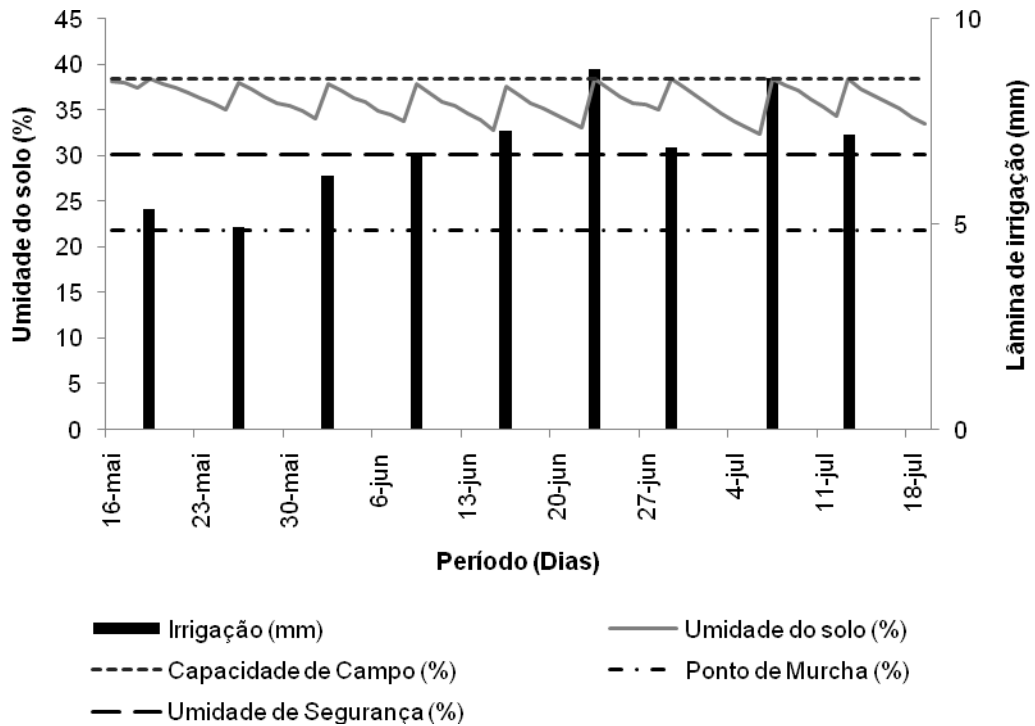


Figura 16 - Balanço hídrico do solo cultivado com capim-limão no tratamento 4, correspondente a reposição de 125% da ETc e frequência de irrigação de 3 dias

No tratamento de estresse hídrico e intervalo de irrigações moderados (T5) Figura 17 foi o que apresentou melhores níveis de produção de matéria seca, produtividade, estimativa da produção de óleo essencial e maior concentração de citral. A umidade do solo para este tratamento não chegou ao nível f, nível denominado de umidade de segurança. Mesmo este tratamento recebendo uma única irrigação semanal.

Os tratamentos T3 e T5 foram 100% da ETc, portanto recebendo praticamente a mesma lâmina de irrigação total, com a diferença de um ter recebido a reposição no dobro de tempo do outro (de 3 e 7 dias respectivamente). Esse maior intervalo de irrigação proporcionou melhor desenvolvimento da cultura, o que ocasionou melhores resultados em relação aos outros tratamentos.



Figuras 17 - Balanço hídrico do solo cultivado com capim-limão no tratamento 5, correspondente a reposição de 100% da ETc e frequência de irrigação de 7 dias.

### 3.2. Segunda etapa

Os valores de temperaturas mínimas, médias e máximas no ambiente protegido durante o período em estudo estão na Figura 18. A temperatura máxima variou de 19,1°C a 41,4°C.



Figura 18 - Valores de temperaturas médias, mínimas e máximas dentro do ambiente protegido durante o cultivo de capim-Limão, Viçosa, MG, 2009.

Nas Figuras 19 e 20 são mostrados os valores observados no ambiente protegido, no período em estudo, da umidade relativa do ar, que variou de 72% a 99% e radiação solar global variou de 3,46 MJ m<sup>-2</sup> a 17,98 MJ m<sup>-2</sup>.

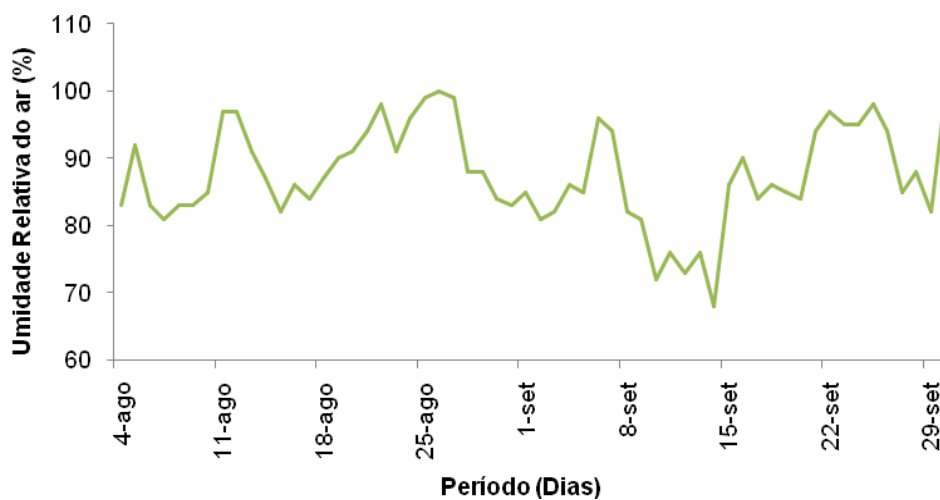


Figura 19 - Valores de umidade relativa do ar em %, no ambiente protegido durante o período em estudo.

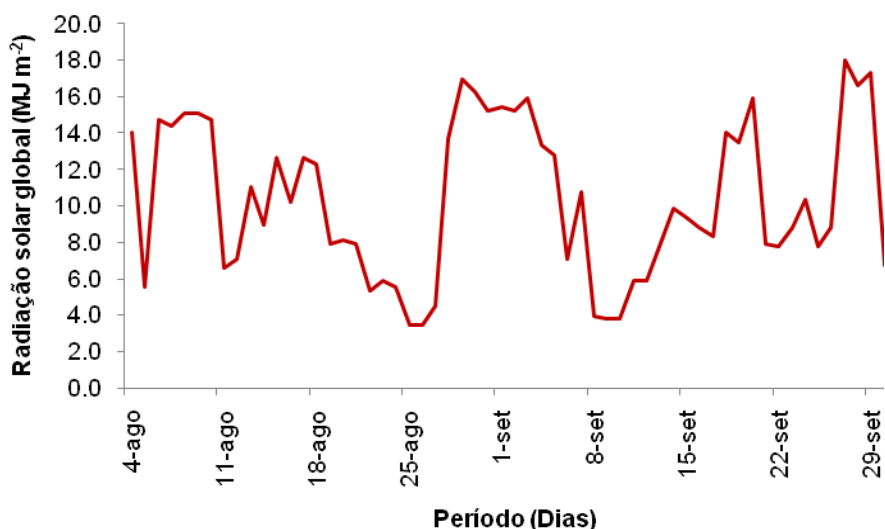


Figura 20 - Valores de radiação solar global em MJ m<sup>-2</sup>, no ambiente protegido durante o período em estudo.

Com os valores diários de temperatura máxima, média, mínima, umidade relativa, velocidade do ar e radiação solar global determinam os valores diários da evapotranspiração. Esses valores podem ser observados na Figura 21.

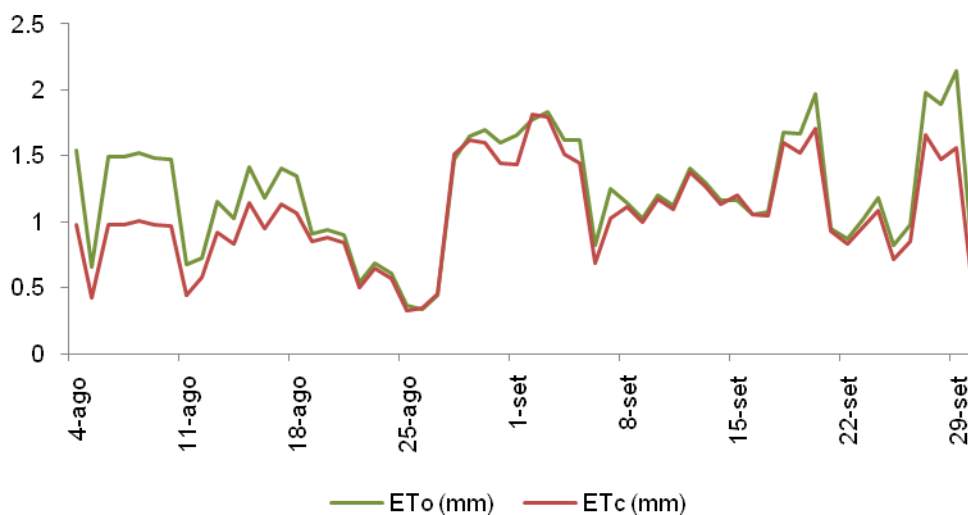


Figura 21 - Demanda evapotranspirométrica estimada pelo método de Penman-Monteith durante o ciclo para a cultura do capim-limão em ambiente protegido.

Na etapa um a temperatura máxima, a temperatura mínima, a radiação solar global e os valores de evapotranspiração ficaram abaixo dos

valores encontrados na etapa dois. Em consequência a umidade relativa ficou acima. A temperatura máxima foi de 36,2°C e a mínima de 7,6°C, os valores de radiação solar global foram de 2,76 MJ m<sup>-2</sup> a 16,58 MJ m<sup>-2</sup> e a ETc variou de 0,31 mm a 1,72 mm na etapa um, enquanto que na etapa 2, a temperatura máxima foi de 41,4°C, a mínima de 8,6°C, os valores de radiação variaram de 3,5 MJ m<sup>-2</sup> a 17,98 MJ m<sup>-2</sup> e a ETc variou de 0,33 mm a 1,81 mm. Já a umidade relativa na etapa um, variou de 82% a 100% e na segunda etapa de 68% a 100%.

Na Tabela 5, apresenta-se o resumo do teste de média para Altura, Massa Seca (M.S.), Perfilho (adimensional), Produtividade (Prod) e Estimativa de Produtividade de Óleo Essencial (Estimativa).

Tabela 5 - Teste de Tukey para as variáveis: altura, massa seca (g), perfilho (adm), produtividade (t ha<sup>-1</sup>), rendimento de óleo essencial (%) e estimativa de produtividade do óleo (t ha<sup>-1</sup>).

Trat	Altura (m)	M. S. (g)	Perfilho (adm.)	Prod (t ha <sup>-1</sup> )	R. O (%)	Estimativa (t ha <sup>-1</sup> )
6	1,11 a	429,59 ab	100,00 a	47,74 ab	2,286 a	0,279 a
7	1,16 a	322,24 b	96,00 a	35,80 b	2,324 a	0,152 b
8	1,15 a	429,99 ab	102,00 a	47,78 ab	1,975 a	0,221 b
9	1,13 a	425,65 ab	78,00 a	47,30 ab	1,928 a	0,163 b
10	1,23 a	523,38 a	102,66 a	58,16 a	1,850 a	0,260 b
C.V	4,01	12,78	17,74	12,79	13,53	18,67

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se que os tratamentos T7 e T10 diferenciaram-se entre si na produção de matéria seca e na produtividade. A diferença de produtividade entre eles foi de 22,36 t ha<sup>-1</sup>.

Já Santos et al. (2004) avaliaram o efeito do estresse hídrico na produção de massa foliar e teor do óleo essencial em sambacaita (*Hyptis pectinata*). As plantas foram cultivadas em vasos e submetidas a quatro dias de estresse hídrico, mais a testemunha sem estresse. As plantas submetidas ao estresse apresentaram maior teor de óleo essencial (55%) quando comparada às plantas testemunhas.

O tratamento que obteve o maior rendimento de óleo essencial de capim-limão (2,28%) foi o tratamento T6, o qual recebeu a menor lâmina de

irrigação durante todo o ciclo, 27,26 mm (Figura 22 e 23). Este resultado foi superior ao encontrado por Silva et al. (2005) que encontraram o melhor rendimento de óleo sendo de 1,062%.

A reposição das lâminas de irrigação na primeira etapa foram feitas de 3 em 3 dias e na segunda etapa de 7 em 7 dias, sendo que em cada etapa teve um tratamento com o dobro desses intervalos. No trabalho conseguiu-se trabalhar com apenas 3 repetições para cada variável analisada, o que pode influenciar na análise dos resultados obtidos.

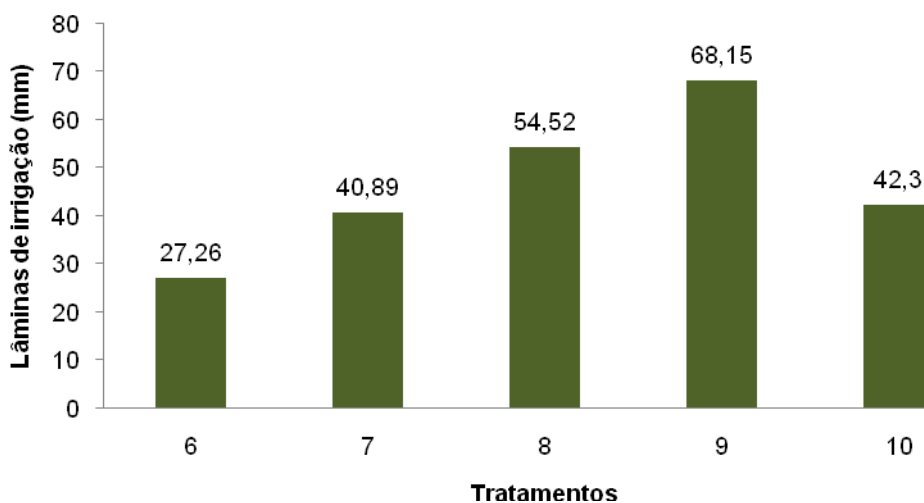
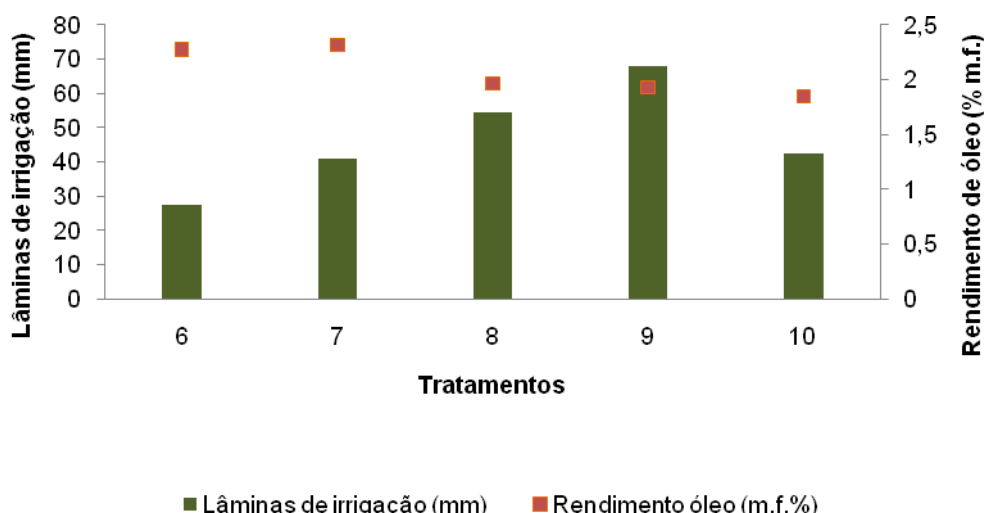


Figura 22 - Valores das lâminas de irrigação em mm, de cada tratamento, durante o ciclo da cultura.



Figuras 23 - Rendimento do óleo essencial de capim-limão em (%m.f.), e as lâminas de irrigação aplicadas em (mm), para os diferentes tratamentos.

Comparando os resultados encontrados de produtividade e da composição de citral encontrado na etapa um e na etapa dois, pode-se observar que os valores encontrados na etapa dois foram superiores.

Na Tabela 6, apresenta-se o resumo do teste de médias para os componentes do óleo essencial do capim-limão: geranial (a-citral), neral (b-citral), mirceno e o composto citral (a-citral + b-citral).

Tabela 6 – Teste de Tukey para as variáveis: geranial (a-citral), neral (b-citral), mirceno, e do composto citral (a-citral + b-citral).

Trat	Componentes			Citral
	Geranial (a-citral) (%)	Neral (b-citral) (%)	Mirceno (%)	( a-citral + b-citral) (%)
6	52,34 a	37,74 a	6,99 a	90,08 a
7	52,22 a	36,43 a	8,79 a	87,73 a
8	47,05 b	33,98 a	16,8 a	81,03 b
9	52,17 a	36,68 a	8,16 a	89,87 a
10	52,42 a	35,73 a	8,92 a	88,15 a
C.V	1,32	3,43	20,16	1,42

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Como mostra a Figura 24, os componentes de maior destaque encontrados foram os mesmos para todos os tratamentos, geranial, neral e mirceno. Já Martinazzo (2006) encontrou que os principais constituintes do óleo essencial do capim-limão foram geranial, neral, geraniol e mirceno.

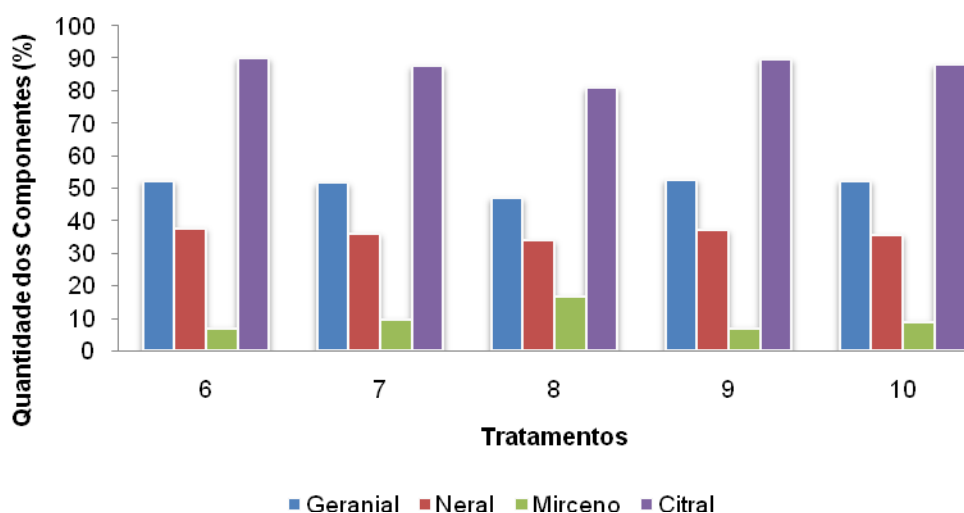


Figura 24 - Principais componentes do óleo essencial das folhas frescas do capim-limão, cultivados em Viçosa.

A Portaria no 519/98 não estabelece limite mínimo para a composição dos chás aprovados pela legislação, entre esses, o de *C. citratus*, não havendo dessa forma limite legal, tal como acontece com o óleo essencial, provavelmente pelo fato da legislação visar o chá somente como produto alimentício e não medicinal.

A tabela referente ao tempo médio de retenção e o índice de Kovats dos componentes identificados pelo cromatograma do óleo essencial encontram-se no apêndice A.

Os cromatogramas obtidos para cada amostra de óleo analisada encontram-se nas Figuras 06 a 10 do Apêndice B.

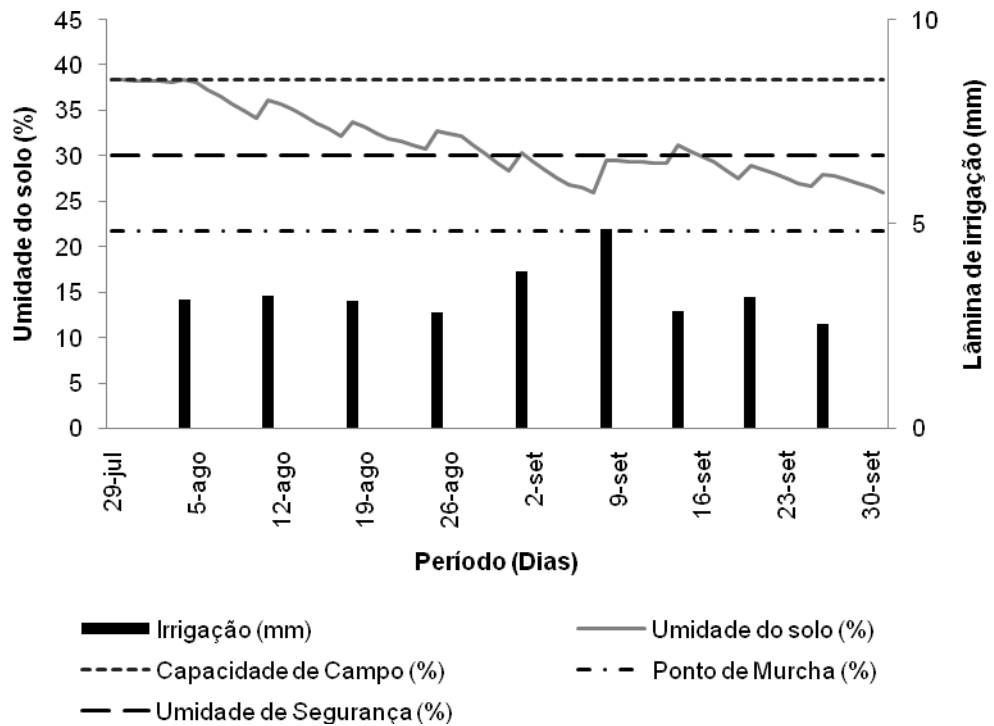
Nas Figuras de 25 a 29, são apresentados os balanços hídricos do solo, cultivado com a cultura do capim-limão, bem como as variações de umidade do solo e as irrigações realizadas para cada tratamento, da segunda etapa do trabalho. É importante frisar que o intervalo entre irrigações foi o dobro da primeira etapa, ou seja, semanal para os tratamentos T6 a T9 e 14 dias para T10. Tal esquema foi montado para avaliar a estratégia de uma irrigação semanal em distintos níveis de reposição de água (50 a 125%) em função dos resultados da primeira fase em que o tratamento T5, com 100% de reposição e intervalo semanal foi o

que apresentou melhores resultados de produtividade, estimativa de produção de óleo essencial e concentração de citral.

Novamente, a umidade do solo apresentou comportamento coerente e foi estimado adequadamente pelo “software” IRRIPLUS<sup>®</sup>. A umidade decresce gradativamente e responde aos distintos tratamentos de irrigação. No tratamento de estresse hídrico crescente acentuado (T6), quase atingiu o ponto de murcha permanente.

É importante observar que os resultados dos componentes de produção (Tabela 5) não apresentaram diferenças significativas para os diversos tratamentos de lâmina (50 a 125% da ETc), observando as figuras 25 a 29 verifica-se que para os tratamentos T6 e T7 a umidade do solo ficou abaixo da umidade de segurança, o T8 e T9 ficaram um pouco acima da umidade de segurança e T10 ficou bem próxima tanto alguns dias chegando a ficar no limite da umidade de segurança.

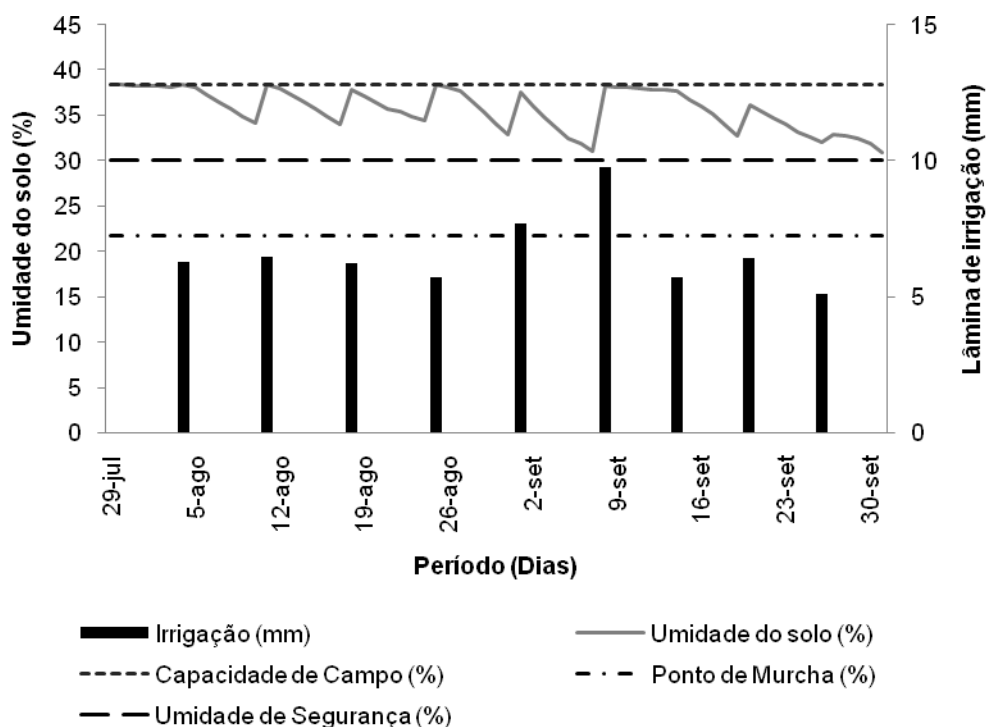
No tratamento T6, a umidade do solo foi decaindo a cada dia, chegando próxima ao ponto de murcha permanente do solo, o que acarreta alguns prejuízos a planta. Porém observando os resultados na tabela 5, foi o tratamento que apresentou a maior estimativa de produção de óleo essencial. Demonstrando que a cultura do capim-limão sobrevive e tem respostas interessantes quando submetida a estresse hídrico.



Figuras 25 - Balanço hídrico do solo cultivado com capim-limão no tratamento 6, correspondente a reposição de 50% da ETc e frequência de irrigação de 7 dias.

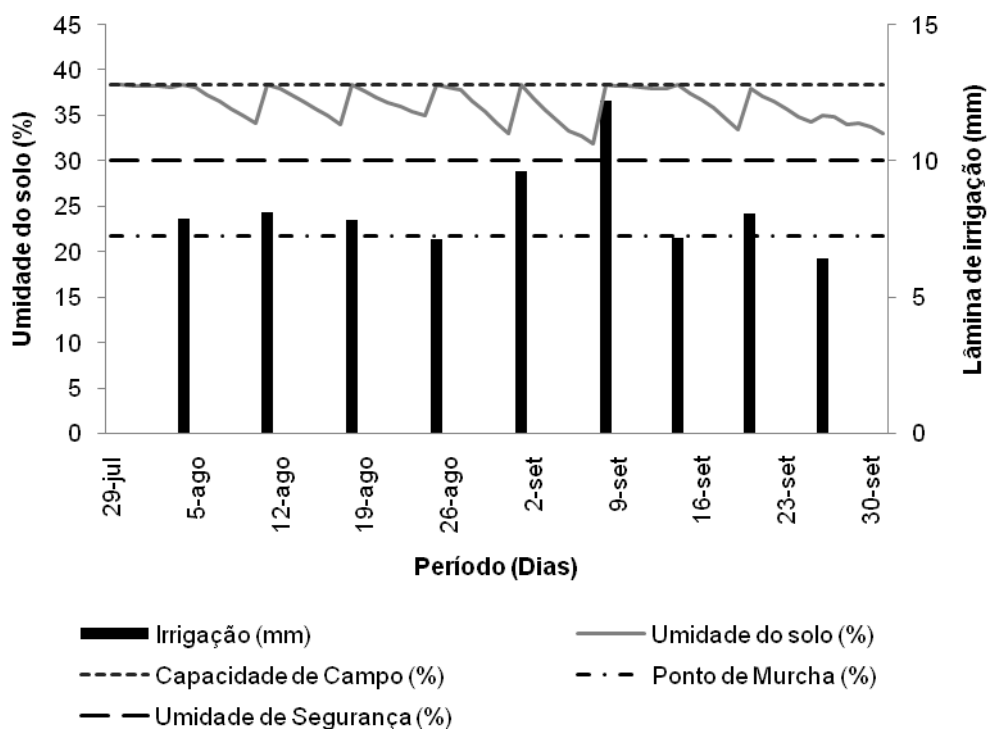
A reposição de 75% da ETc do T7, resultou em uma umidade do solo bem próxima a umidade de segurança, tendo alguns dias ficado abaixo, como demonstra a Figura 26. A umidade do solo foi decaindo até atingir a umidade de segurança.





Figuras 27 - Balanço hídrico do solo cultivado com capim-limão no tratamento 8, correspondente a reposição de 100% da ETC e frequência de irrigação de 7 dias.

O excesso de água utilizado no T9 foi para observar como a cultura reagiria a este tratamento. A umidade do solo durante todo o ciclo da cultura ficou acima da umidade de segurança, pois o solo recebeu lâminas de irrigação acima da qual era perdida por evaporação, figura 28.



Figuras 28 - Balanço hídrico do solo cultivado com capim-limão no tratamento 9, correspondente a reposição de 125% da ETc e frequência de irrigação de 7 dias.

É importante lembrar que o T10 recebeu a mesma quantidade de água que o T8, porém o intervalo de irrigação foi o dobro de um tratamento para o outro. A umidade do solo do T8 ficou entre a capacidade de campo e a umidade segurança, já no T10 a umidade ficou bem próxima a umidade de segurança, isso se deve ao intervalo entre as irrigações deste tratamento.



#### **4. RESUMO e CONCLUSÕES**

O capim-limão, *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, planta medicinal, amplamente conhecida e utilizada para fins medicinais e com aplicação nas indústrias farmacêuticas, alimentícias, de cosméticos e perfumaria. Com aumento do interesse comercial da cultura, estratégias de aumento de produção e produtividade têm sido avaliadas, dentre estas a irrigação.

Considerando a pouca disponibilidade de informações sobre a produtividade de matéria seca e óleo essencial, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de lâminas de irrigação sobre a produção de biomassa, o rendimento de óleo essencial e sua composição em duas etapas.

O experimento foi realizado em condições de cultivo protegido para garantir a aplicação adequada das lâminas de irrigação em condições de solos argilosos com alta capacidade de retenção de água.

Os tratamentos, foram caracterizados da seguinte forma T1 (50% da ETc): estresse hídrico crescente; T2 (75% da ETc): estresse hídrico crescente e moderado; T3 (100% da ETc): sem estresse hídrico; T4 (125% da ETc): sem estresse hídrico e com excesso de água, T5 (100% da ETc): intervalo de irrigação e estresse hídrico moderado, na primeira etapa e T6 (50% da ETc): estresse hídrico crescente acentuado, T7 (75% da ETc): estresse hídrico crescente e acentuado, T8 (100% da ETc): sem estresse hídrico, T9 (125% da ETc): sem estresse hídrico e com excesso de água, T10 (100% da ETc): intervalo de irrigação elevado e estresse hídrico moderado, na segunda etapa.

Na etapa um o intervalo normal entre irrigações foi de 3 dias e na etapa dois foi de 7 dias, sendo que em ambos o delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com cinco tratamentos e três

repetições, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O corte do capim-limão foi realizado após 60 dias do início dos tratamentos. Avaliou-se a altura de plantas, o número de perfilhos por touceira, a massa seca da parte aérea, o rendimento e a composição do óleo essencial.

O T5, na primeira etapa, foi o que apresentou a maior produção de matéria seca, maior produtividade do capim-limão e maior estimativa da produtividade de óleo essencial. Na segunda etapa, o T6 foi o que apresentou maior estimativa da produtividade de óleo essencial. De acordo com os resultados observados, não foi possível definir uma melhor lâmina, porém, concluiu que uma única irrigação semanal, para as condições estudadas neste experimento, foi a de melhor resultado.

Considerando o exposto conclui-se que para as condições em que foi realizado este trabalho:

O efeito do estresse hídrico moderado (100% da demanda e TR de 7 dias) não ocasionou diferenças na altura da planta e número de perfilhos de capim-limão. Porém determinou uma maior produtividade da matéria seca, produtividade e estimativa da produção de óleo essencial e uma maior concentração de citral.

Um estresse hídrico mais acentuado (50% da demanda e TR de 7 dias), não gerou diferenças na produtividade, matéria seca, altura das plantas e número de perfilhos, porém foi maior na produção do óleo essencial.

## 5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. FAO – Irrigation and Drainage. Rome: FAO, 1998. 319 p. (Paper 56).

ALMEIDA, T. de C.; CANECCHIO FILHO, V. **Principais culturas**. 2 ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, 2 v. ilustr.

ANA. Agência Nacional de Águas, Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2009. Disponível em <http://conjuntura.ana.gov.br> Acesso em março 2010.

ASAE STANDARDS. **Standards engineering practices data**. Adopted and published by: American Society of Agricultural Engineers, 2000.

BATISTA, W. R. M.; SILVA, A. A. G; FACCIOLI, G. G; GOMES, N. O. O.; SANTANA, R. B. Estimativa da evapotranspiração de referência na região de canindé do São Francisco – SE. **Revista da Fapese**, Sergipe v.3, n. 2, p. 71-76, jul./dez. 2007.

BLANK AF; ARRIGONI-BLANK MF; AMANCIO VF; MENDONÇA MC; SANTANA FILHO LGM. 2007. Densidades de plantio e doses de biofertilizante na produção de capim-limão. **Horticultura Brasileira** 25: 343-349.

BRASIL, 1998. Portaria no 519, de 26 de junho de 1998. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de chás – plantas destinadas à preparação de infusões ou decocções. Diário Oficial da União, Brasília, 29 de junho de 1998.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação** 8.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 625p.

CASTRO, L.O.; CHEMALE, M.C. **Plantas medicinais, condimentares e condimentares aromáticas**: descrição e cultivo. Guaíba: Agropecuária, 1995. 196 p.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L.C.; SCHEFFER, M.C. Cultivo **de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 162 p.

DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; LUZZA, J.; TAZZO, I. F.; TRENTIN, G. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do pimentão em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 33-41, 2003.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: **FAO**, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Ield response to water. Rome: **FAO**, 1979. 193 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33).

EMBRAPA, Manual de Métodos de Análise de Solos, 2ª edição, CNPS-Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FACCIOLI, G. G.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; SEDYIAMA, G. C. Determinação dos Parâmetros Básicos para irrigação da Cultura da alface em Condições de casa de Vegetação. **Revista Irriga**, Botucatu-SP, 1998.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1,n.1, p.31-6, 1993.

GOMES, E. C.; NEGRELLE, R. R. B.; DONI FILHO, L.; Caracterização da produção de capim-limão no estado do Paraná, Brasil. **Scientia Agraria**, Curitiba-PR, v.8, n.4, p.385-390, 2007.

HANDIQUE, A. K., GUPTA, R. K. Variation of oil content in lemon grass as influenced by seasonal changes and its genetics. *Indian Perfumer*, New Delhi, n. 2, p. 54-63, 1984.

HOMER, L.E. et al. Natural variation in the essential oil content of *Melaleuca alternifolia* Cheel (Myrtaceae). **Biochem. Syst. Ecol.**, Kidlington, v. 28, p. 367-382, 2000

LANÇAS, F.M. **Cromatografia em fase gasosa**, São Carlos: Editora Acta, 1993, 254 p.

LÁSZLÓ, F. Capins: capim cidreira, limão e gengibre, palmarosa, jamrosa, citronela. Disponível em:<<http://www.Aromalandia1.hpg.ig.com.br/capins.htm>> em 27 março de 2010.

LOCKWOOD, G. B. Techniques for gas chromatography of volatile terpenoids from a range of matrices. **Journal of Chromatography A**, v. 936, p. 23 - 31, 2001.

MANTOVANI, E. C.; COSTA, L. C. **Manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos**. Workshop internacional sobre manejo integrado das culturas e dos recursos hídricos. Brasília: SRH/MMA – DEA-UFV, 1998. 154 p.

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; ALVES, M. E.B.; BOMFIM NETO, H. Irrigação como fator de qualidade do café. In: ZAMBOLIM, L. **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa: UFV, 2006. p.117-165.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Manejo de irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA/MANEJO DE IRRIGAÇÃO, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Lavras, MG: UFLA/SBEA, 1998. 378 p.

MARTINAZZO, A.P.; CORREA, P.C.; MELO, E. C.; BARBOSA, F. F. Difusidade efetiva em folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf submetidas à secagem com diferentes comprimentos de corte e temperaturas do ar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.9, n.1, p.68-72, 2007.

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

MENDONÇA, F.C., RASSINI, J.B., Curso **Teórico Prático de Manejo e Projeto de Irrigação em Pastagens**, Embrapa Pecuária Sedeste, 2005.

NASCIMENTO, I. B. do; INNECCO, R.; MARCO, C. A.; MATTOS, S. H.; NAGAO, E. O. Efeito do horário de corte no óleo essencial de capim-santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p. 169-172, 2003.

ORTIZ, R. S; MARRERO, G. V.; NAVARRO, A. L. T. Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (caña santa). **Revista de Plantas medicinales**, Havana, v. 7, n. 2, 2002. Disponível em: [http://www.informed.sld.cu/revistas/pla/vol7\\_2\\_02/plasu0202.htm](http://www.informed.sld.cu/revistas/pla/vol7_2_02/plasu0202.htm) . Acesso em: maio 2010.

PLANTAS BIOATIVAS – medicinais, aromáticas e nutracêuticas. Chapecó: CETREC, 2001. 56p. **Programa de Exportações da Agricultura Familiar Treinamento para técnicos**.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF)**: goteo, microaspersión, exudación. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990. 471 p.

SANTOS, T. T.; SANTOS, M. F.; et al., Efeito do Estresse Hídrico na Produção de Massa Foliar e Teor de Óleo Essencial em Sambacaitá (*Hyptis pectinata* L.), **Anais CBO** 2004. Disponível em: [www.abhorticultura.com.br](http://www.abhorticultura.com.br) Acesso em 2010.

SEAB/PR - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Departamento de Economia Rural. **Levantamento do valor bruto da produção agropecuária: produtos especiais: safra 2007/2008**. Curitiba, 2007.

SILVA, I.; FRANCO, S. L.; MOLINARI, S. L.; CONEGERO, C. I.; MIRANDA NETO, M. H. de; CARDOSO, M. L. C.; SANT'ANA, D. M.; IWANKO, N. S. Noções sobre o organismo humano e utilização de plantas medicinais. Cascavel: **Assoeste**, 1995. 203p.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, V. A. **Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos**. Manejo de irrigação XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Poços de Caldas-MG. SBEA/UFLA, p. 311-348, 1998.

SIMÕES, C. M. O; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P. de; MENTZ, L. A.; SOUSA, M. P.; MATOS, M. E. O.; MATOS, F. J. A.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A. **Constituintes químicos ativos de plantas medicinais brasileiras**. Fortaleza: Edições UFC /Laboratório de Produtos Naturais, 2003, 416 p.

TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. p. 15-30.

YADAVA, A. K. Cultivation of lemon grass (*Cymbopogon Flexuosus* 'CKP-25') under Poplar based agroforestry system. **Indian Forester**, v.127, n.2, p.213-223, 2001.

## APÊNDICE A

Tabela 1A - Principais componentes do óleo essencial de folhas frescas de *Cymbopogon Citratus*, cultivadas em Viçosa-MG em ambiente protegido, determinados por CG-EM

Pico	Componente	Massa Molar	Tempo de Retenção (min)					Índice de Kovats (%)				
			T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	Mirceno	136	11,97	11,96	11,97	11,96	11,84	1240,78	1240,76	1240,77	1240,78	1240,75
2	Z-Citral (Neral)	152	24,39	24,34	24,40	24,36	24,33	1270,17	1270,16	1270,17	1270,19	1270,20
3	E-Citral (Geranial)	152	25,89	25,80	25,90	25,83	25,93	989,71	989,69	989,66	989,70	989,68

Tabela 2A - Principais componentes do óleo essencial de folhas frescas de *Cymbopogon Citratus*, cultivadas em Viçosa-MG em ambiente protegido, determinados por CG-EM

Pico	Componente	Massa Molar	Tempo de Retenção (min)					Índice de Kovats (%)				
			T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
1	Mirceno	136	11,72	11,72	11,80	11,72	11,71	1240,76	1240,74	1240,73	1240,76	1240,74
2	Z-Citral (Neral)	152	24,56	24,64	24,56	24,61	24,61	1270,15	1270,14	1270,14	1270,17	1270,19
3	E-Citral (Geranial)	152	26,11	26,2	26,11	26,16	26,19	989,69	989,67	989,63	989,68	989,66

## APÊNDICE B

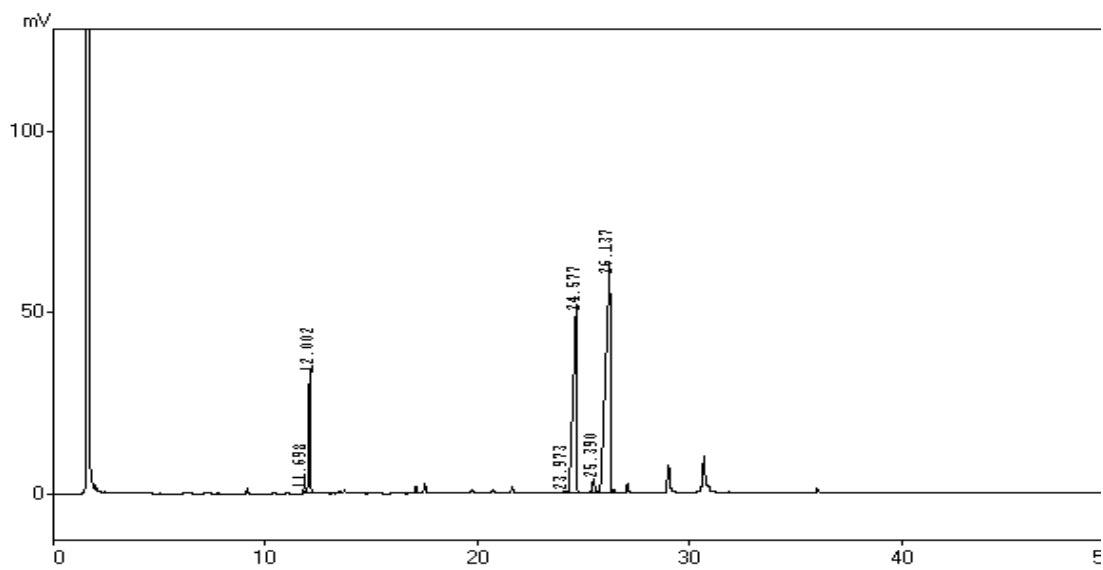


Figura 1B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 1 na etapa 1.

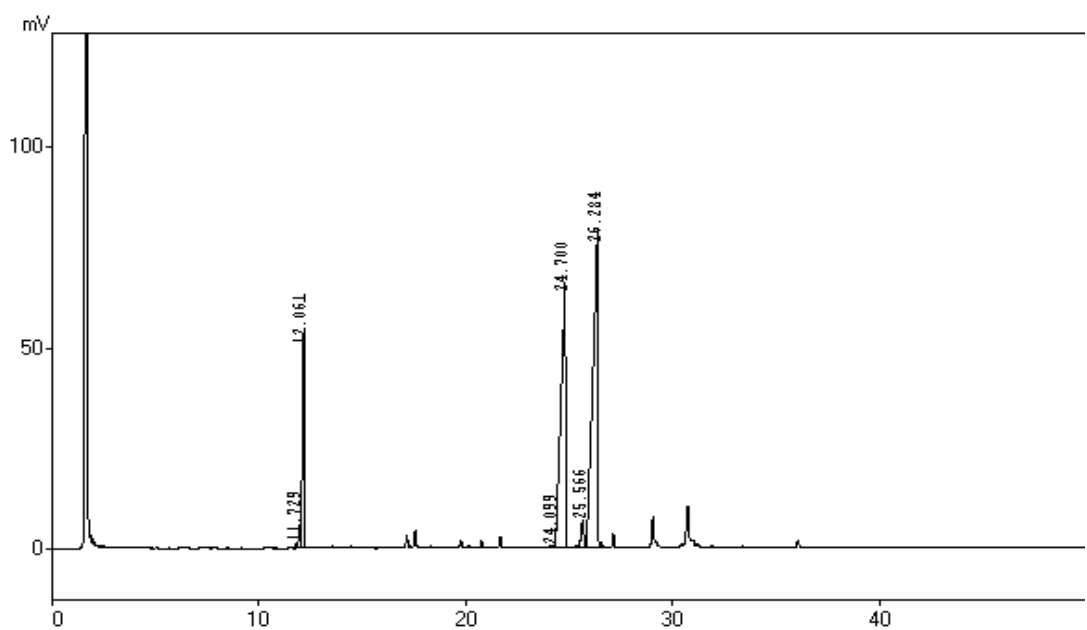


Figura 2B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 2 na etapa 1.

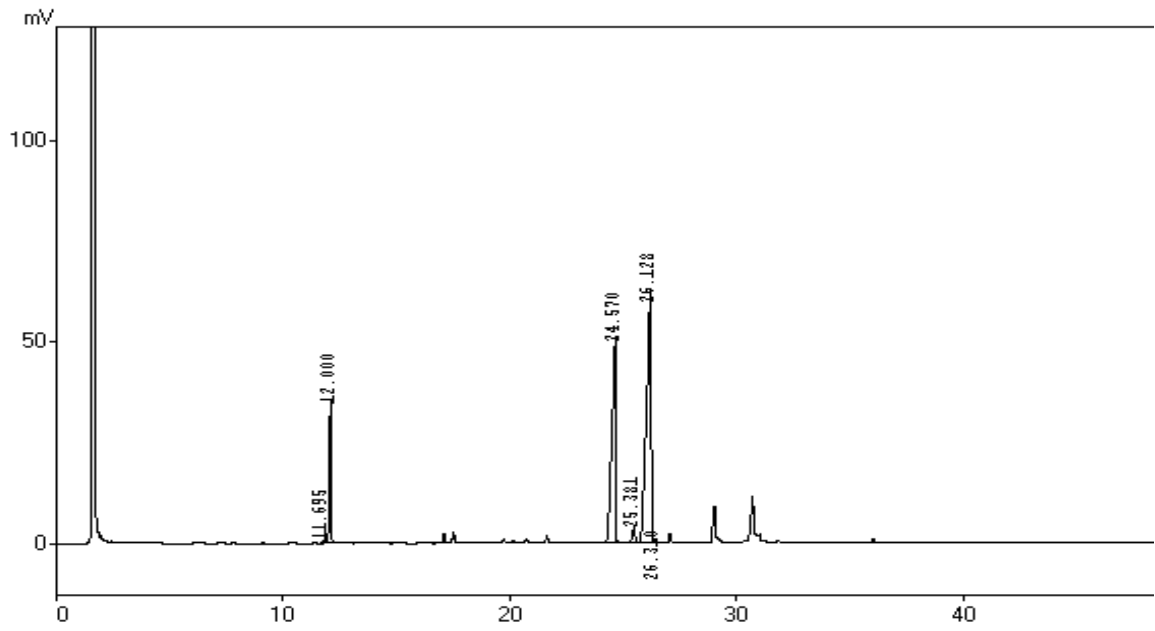


Figura 3B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 3 na etapa 1.

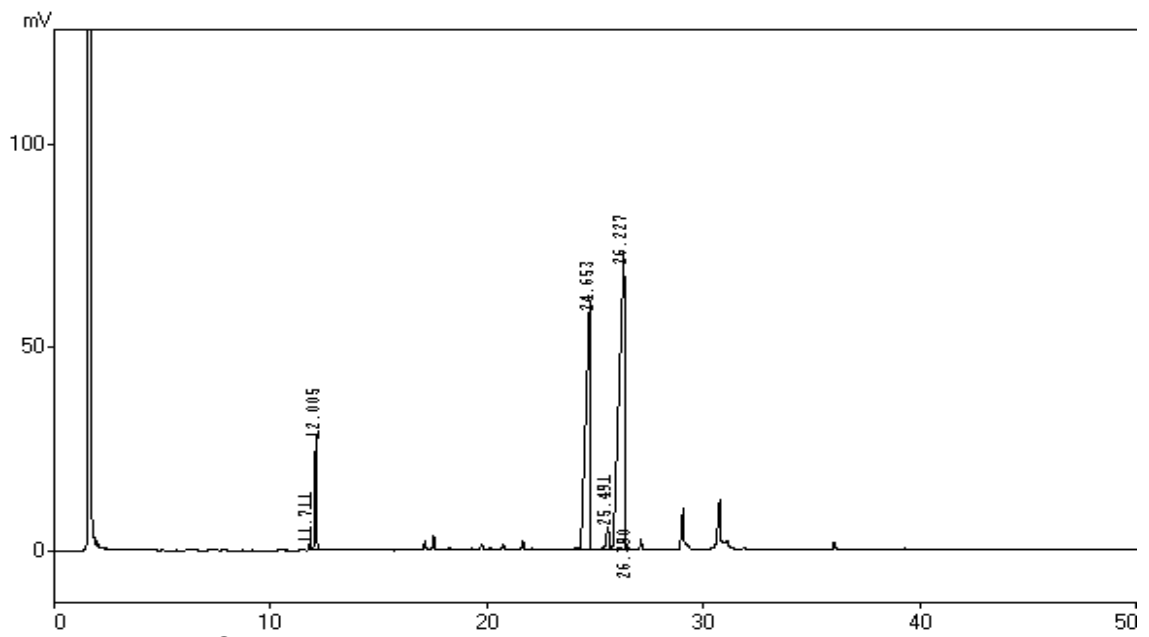


Figura 4B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 4 na etapa 1.

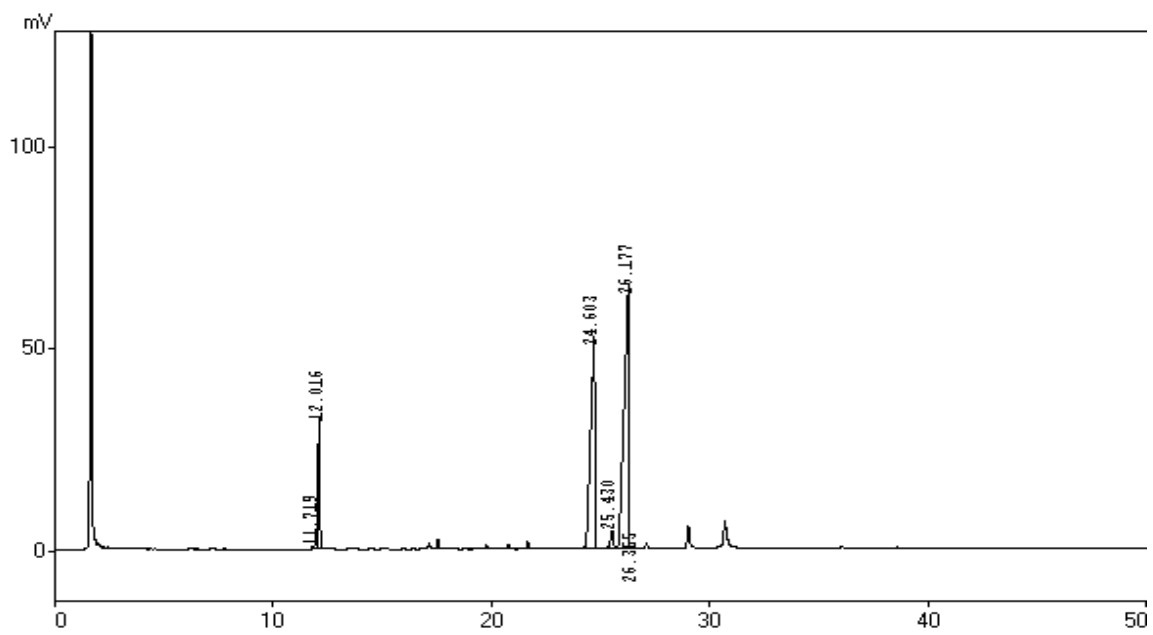


Figura 5B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 5 na etapa 1.

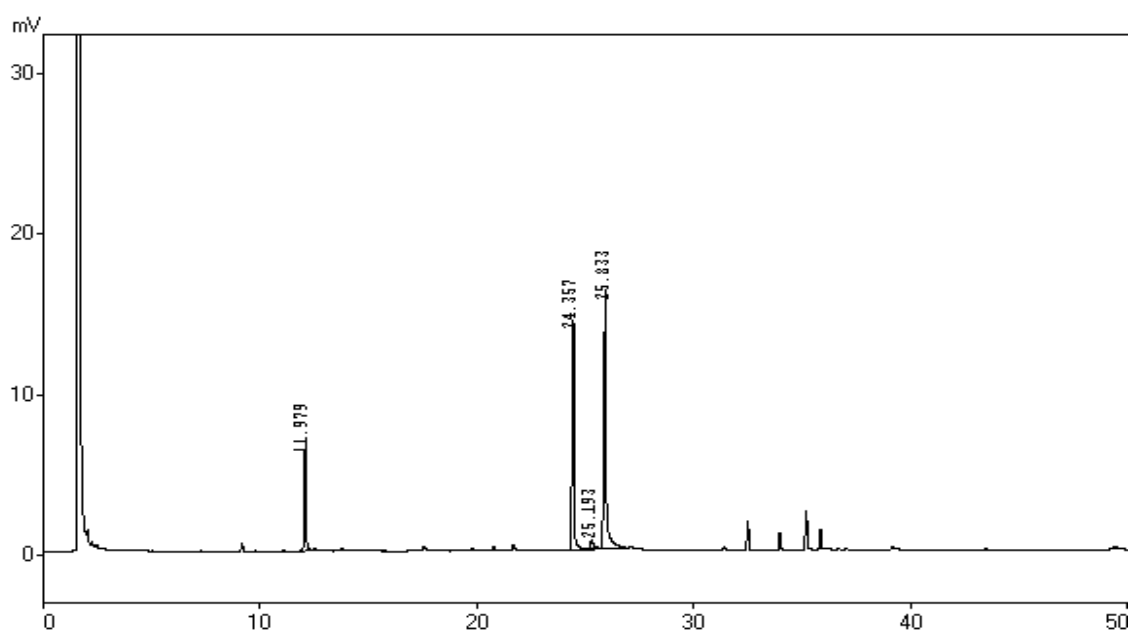


Figura 6B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 1 na etapa 2.

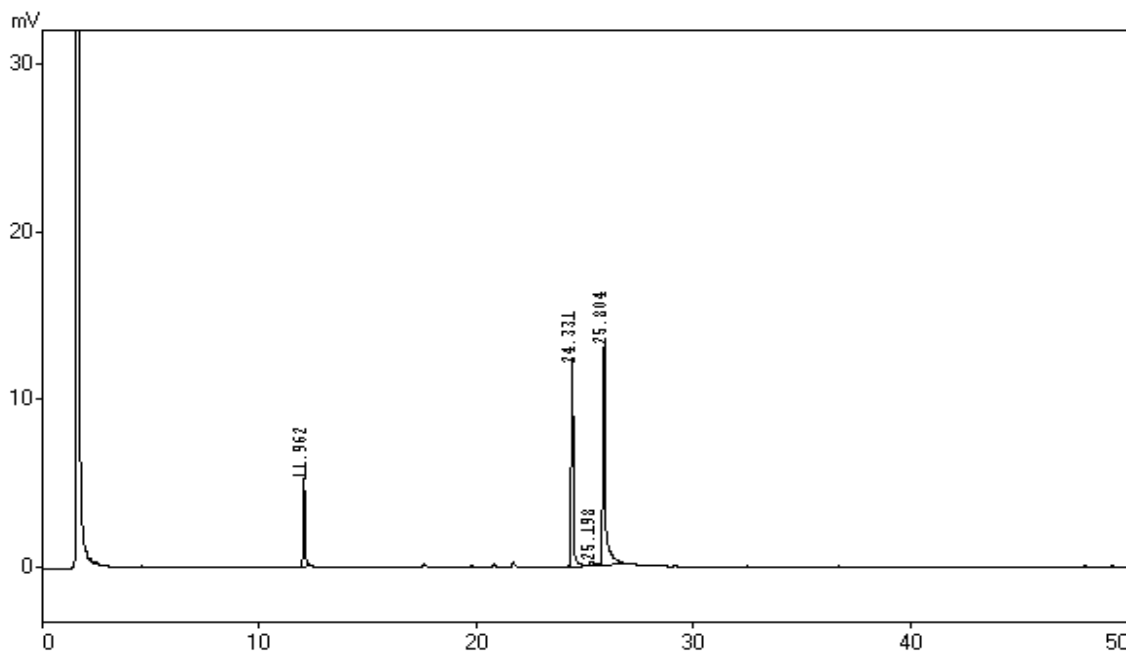


Figura 7B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 2 na etapa 2.

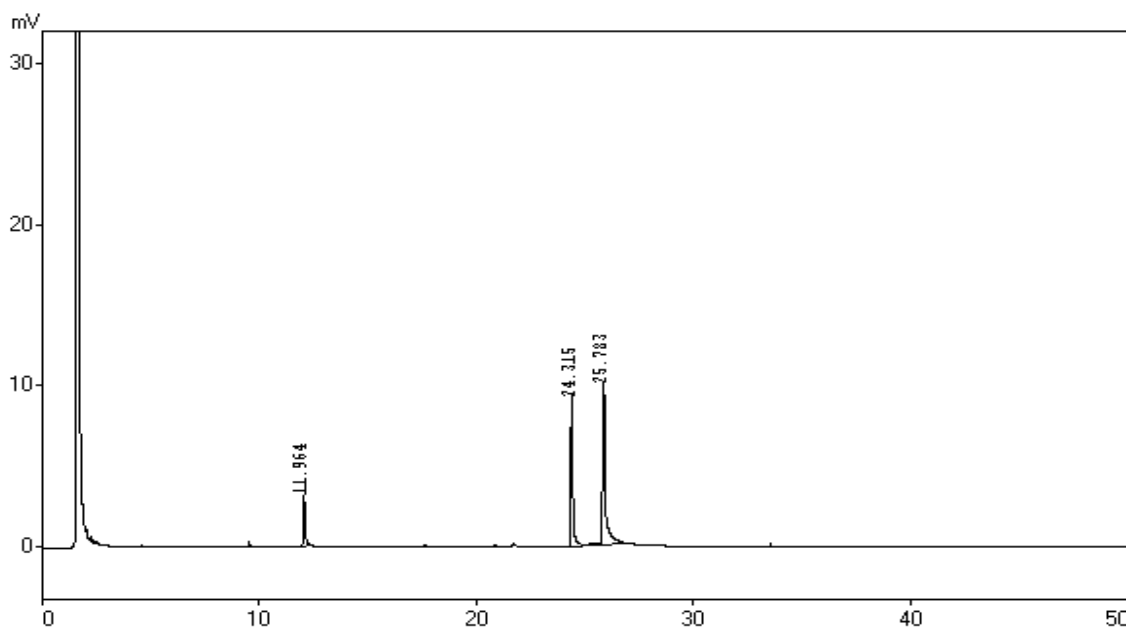


Figura 8B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 3 na etapa 2.

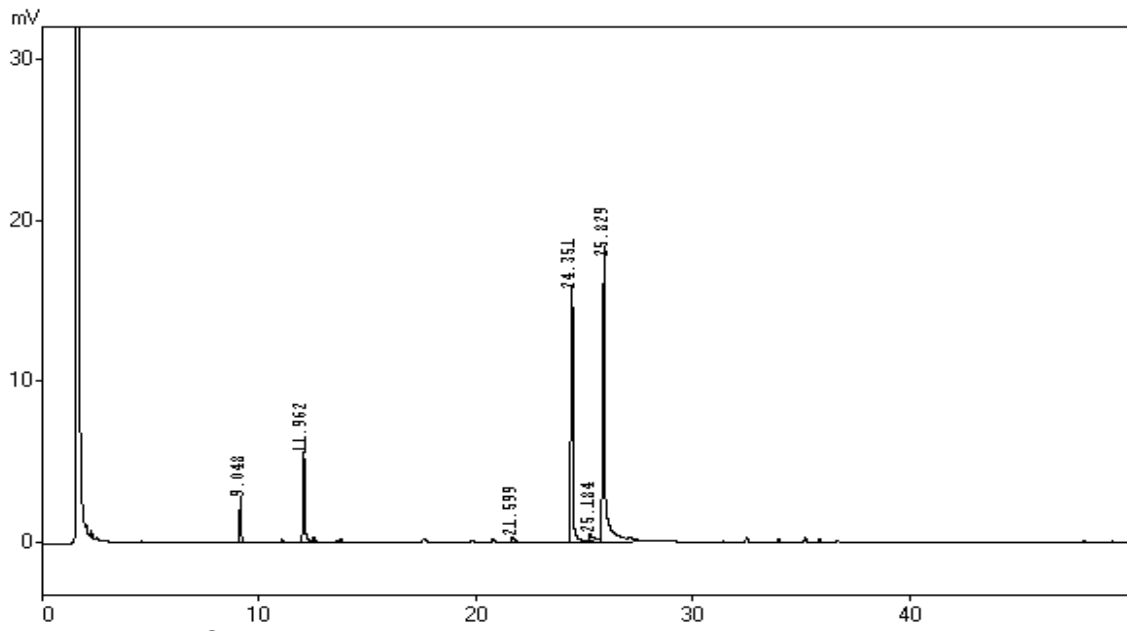


Figura 9B - Cromatograma do óleo essencial do tratamento 4 na etapa 2.

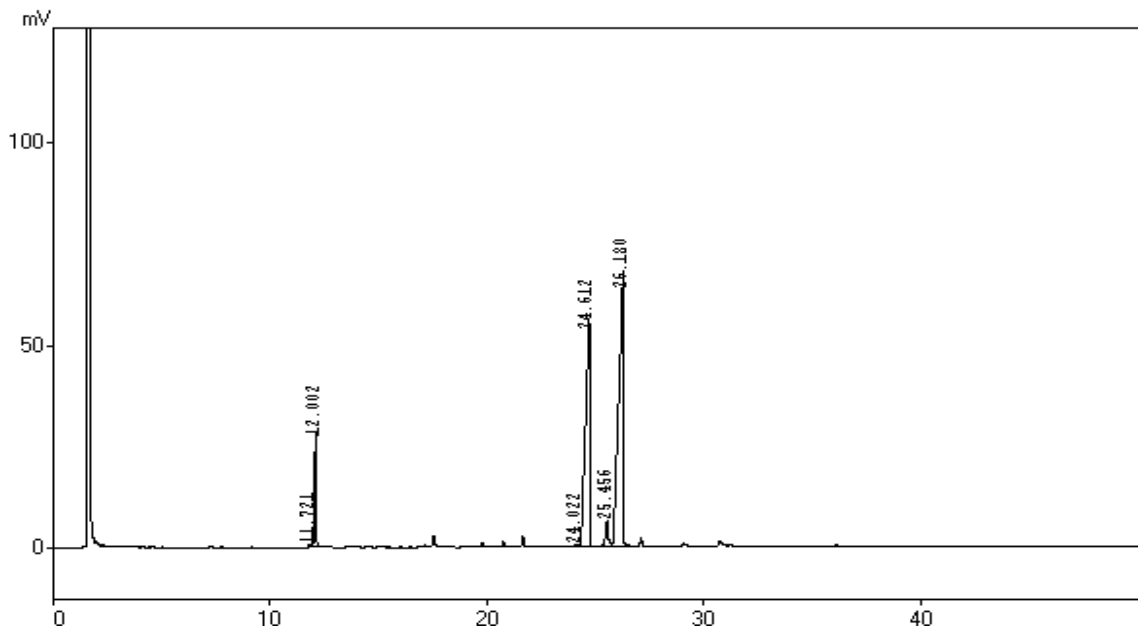


Figura 10B – Cromatograma do óleo essencial do tratamento 5 na etapa 2.