



CAIO CÉSAR MEDEIROS GREGÓRIO

**MANEJO DE IRRIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO
SISTEMA RADICULAR NA CULTURA DA *MELISSA*
*OFFICINALIS L.***

**LAVRAS – MG
2020**

CAIO CÉSAR MEDEIROS GREGÓRIO

**MANEJO DE IRRIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA
RADICULAR NA CULTURA DA *MELISSA OFFICINALIS L.***

Monografia apresentado à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso
de Engenharia Agrícola, para a
obtenção do título de Bacharel.

Adriano Valentim Diotto, Dr.
Orientador

André Luiz Dias Caldas, Dr.
Coorientador

**LAVRAS – MG
2020**

CAIO CÉSAR MEDEIROS GREGÓRIO

**MANEJO DE IRRIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA
RADICULAR NA CULTURA DA *MELISSA OFFICINALIS L.*
IRRIGATION MANAGEMENT AND DEVELOPMENT OF THE RADICULAR
SYSTEM IN THE CULTURE OF *MELISSA OFFICINALIS L.***

Monografia apresentado à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso
de Engenharia Agrícola, para a
obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 20 de Agosto de 2020.

Dr. Adriano Valetim Diotto UFLA

Dr. André Luiz Dias Caldas UNA

Dr. Victor Buono da Silva Baptista UFLA

Prof. Dr. Adriano Valentim Diotto
Orientador

Prof. Dr. André Luiz Dias Caldas.
Coorientador

**LAVRAS – MG
2020**

À minha mãe,
Cássia Nicéia de Medeiros Gregório.
Ao meu avô, Felix P. de Medeiros (In Memoriam)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que me concedeu forças para continuar a cada semestre.
Aos meus familiares, Cássia N. M. Gregório, Pamela M. Gregório e Félix P. de Medeiros (in memoriam).

À minha companheira, Natália de Mani Ladeira.

À minha segunda família, Márcia C. M. Ladeira, Claudinei M. Ladeira e Matheus M. Ladeira.

Aos meus amigos, Augusto A. Gadiani, Reginaldo C. Rodrigues, André K. Kobayashi, Alan Rodrigues, Marcelo Makoto, Filipe Seco, André L. D. Caldas e Rodrigo Lelis.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia.

Aos professores, técnicos, funcionários e amigos do Setor de Engenharia de Água e Solo.

Ao meu orientador, Dr. Adriano Valentim Diotto.

À empresa Lavras Irrigação, por todo conhecimento fornecido.

À Hidromecânica GERMEK e ao grupo da qual hoje faço parte, Brasil Irrigação.

Meus sinceros agradecimentos!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

-José de Alencar

RESUMO

Em função dos ganhos de produtividade e da otimização do manejo, o cultivo de plantas medicinais em ambiente protegido tem crescido no Brasil. Em se tratando de irrigação, o conhecimento de informações sobre o sistema radicular é de suma importância. Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento do sistema radicular da *melissa officinalis* L. em função de diferentes frequências de irrigação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, a cultura implantada em vasos e irrigada por gotejamento em intervalos de 2, 3, 4, 5 e 6 dias, com reposição de 100% do volume de água evapotranspirado. As variáveis analisadas foram a fitomassa fresca (FFR), fitomassa seca (FSR), volume (VR) e densidade de raiz (DR). Em geral, os resultados permitiram concluir que todas as variáveis analisadas apresentaram comportamento inversamente proporcional a frequência de irrigação. Com maiores valores obtidos de FFR, FSR, VR e DR iguais a 61,167 g, 37,990 g, 73,333 cm³ e 0,002922 g cm⁻³, respectivamente, para a frequência de irrigação de 2 dias.

Palavras-chave: planta medicinal, irrigação por gotejamento, ambiente protegido, sistema radicular.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Aspecto botânico da <i>Melissa officinalis</i> L.	4
FIGURA 2 Vigor das mudas de <i>Melissa Officinalis</i> L.	10
FIGURA 3 Distribuição em blocos casualizados.	10
FIGURA 4 Sistema de irrigação.....	11
FIGURA 5 Processo de separação do composto solo-esterco do sistema radicular.	12
FIGURA 6 Pré-secagem em ambiente sombreado em condições naturais	13
FIGURA 7 Pesagem da massa fresca do sistema radicular.	14

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Valores de fitomassa fresca e seca, volume e densidade de raiz obtidos durante a condução do experimento15

TABELA 2 Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de desenvolvimento do sistema radicular da *Melissa Officinalis L.* em função da frequência de irrigação.16

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1	Aspectos da cultura.....	3
2.2	Irrigação e Manejo	6
2.3	Sistema radicular	7
3	MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1	Características da área experimental	9
3.2	Instalação do experimento	9
3.3	Sistema de irrigação.....	11
3.4	Características avaliadas	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5	CONCLUSÃO	16
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 INTRODUÇÃO

A história sobre o uso de plantas medicinais é tão antiga quanto a própria história do homem. Além disso, atualmente, cerca de 25% de todo medicamento produzido possui origem em plantas medicinais e 5,5% dos medicamentos vendidos em farmácias de todo o Brasil são compostos exclusivamente por princípio ativo de origem vegetal.

Nos últimos anos houve expressivo aumento no consumo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas pela população mundial. De acordo com dados da OMS (Organização Mundial da Saúde), cerca de 80% da população mundial faz uso de algum tipo de erva na busca de sanar algum desconforto físico ou mental. Desse total, pelo menos 30% se dá por indicação médica (MARTINS et al., 1998).

A *melissa officinalis* L., popularmente chamada de erva cidreira verdadeira ou melissa, é comumente usada no controle de crises nervosas, taquicardia, melancolia, histerismo e ansiedade. É uma cultura considerada rústica e de fácil cultivo, não necessita de grandes investimentos, adaptando-se facilmente e com êxito em pequenas propriedades, porém é uma cultura que tem preferência por climas temperados e não tem uma tolerância significativa contra geadas e calor excessivo.

O cultivo em ambiente protegido para fins comerciais tem crescido com o decorrer dos anos, visto que esse tipo de cultivo tem grande participação na proteção das plantas contra adversidades climáticas, além de, proporcionar um controle mais eficiente, aumentando a produtividade e qualidade no produto final.

Na produção comercial destaca-se o uso da irrigação, pois a insuficiência hídrica nas diferentes fases da cultura pode diminuir o desenvolvimento de massa fresca da parte aérea das plantas, no entanto, pode promover um maior desenvolvimento do sistema radicular, e se tratando de plantas medicinais pode-se afetar a produção e a qualidade do princípio ativo. Por outro lado, o excesso de água pode comprometer a produção.

O sistema radicular das plantas é de suma importância para a síntese de reguladores de crescimento, obtenção de água e nutrientes encontrados na solução presente do solo e armazenamento de carboidratos. Embora seja indiscutível a importância do sistema radicular, tal órgão tem sido pouco estudado para as plantas medicinais.

Na cultura da melissa, encontram-se poucos trabalhos que tem exposto quais os melhores momentos e quantidade de água a ser utilizada para o melhor desenvolvimento do sistema radicular, sendo assim, o objetivo do presente estudo foi a avaliar o desenvolvimento do sistema radicular da *melissa officinalis* L. em função de diferentes frequências de irrigação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura

Pertencente à mesma família da hortelã, menta, manjerição e outros, a *Melissa officinalis* L. também é uma planta com propriedades medicinais, condimentar e aromática cuja família denomina-se Lamiaceae, esta, que por sua vez, abrange arbustos ou ervas que possuem tricomas glandulares que expõem compostos fenólicos e óleos essenciais, estes responsáveis pelo odor característico das espécies (EVANS, 2002; JUDD et al, 1999).

Por ser uma planta aromática são aplicadas, basicamente, à culinária, medicina e perfumaria. É uma cultura perene, podendo variar seus tamanhos de 20 à 100 cm de altura. Suas características básicas estão atreladas as herbáceas, que, geralmente, designam-se como ervas. Dentre essas características, pode-se referenciar, principalmente, o aroma, o caule ereto e ramificado e as folhas que possuem cor verde escura e são ovaladas e cordiformes. As flores são brancas ou amarelas, podendo se tornar rosadas na medida em que envelhecem, porém, no Brasil, não completam o ciclo, deixando de florescer e produzir sementes, devido às condições climáticas presentes. (WANDERER, 2004).

Devido à falta de condição de produzir sementes, no Brasil, as mudas devem ser feitas por estacas de ramos, importação de sementes ou por divisão de touceiras. O meio mais fácil de obtenção é na condição de semente. Esta, por sua vez, para uniformizar a germinação, antes do plantio, as sementes devem ser mergulhadas em água morna, com temperatura entre 25 a 35°C, por 24 horas (SILVA et al., 2004; PANIZZA, 1997). O período da germinação pode variar de 1 e 3 semanas, dependendo apenas das condições que se apresentarem à umidade do solo, temperatura, disponibilidade de nutrientes, oxigênio e luz. O seu ciclo varia entre, aproximadamente, 120 dias no inverno e 90 dias no verão (MEIRA et al., 2013; COUTO, 2006).

No Brasil, a cultura é conhecida popularmente como erva cidreira ou, como o nome científico propriamente diz, melissa. Por ser uma planta de fácil cultivo, rústica, encontra-se presente em vários países de clima subtropical e temperado. É encontrada em quase todo território brasileiro (SODRÉ, 2007).

A melissa tem preferência a solos bem drenados, ricos em matéria orgânica e com pH superior a 5,5. A adubação recomendada é a orgânica, pois quando se trata de uma erva medicinal a adubação orgânica supre com efetividade a demanda nutricional

da cultura. Assim, a adubação orgânica se torna a principal fonte de energia e nutrientes para os microorganismos presentes no solo, fornecendo micro e macronutrientes para a planta, além de ter alto retorno financeiro para o ramo agropecuário e baixo custo de investimento (SANTOS et al, 2009; SODRÉ, 2007; ALVARENGA 2003).

Entretanto, conforme May et al. (2008), a cultura responde muito bem à adubação nitrogenada, onde os autores obtiveram, em massa seca, cerca de 2,7 mil kg ha⁻¹. Esse valor foi obtido com aplicação de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Para comprovar sua pesquisa os autores não aplicaram nitrogênio na testemunha, onde o rendimento deste foi de apenas 1,7 mil kg ha⁻¹ de massa seca.

Outros autores, Hernández et al. (2001), obtiveram cerca de 5,7 mil kg ha⁻¹, realizando 4 cortes ao ano e aplicando 108 kg ha⁻¹ de nitrogênio, aplicados à cada corte.

Figura 1 – Aspecto botânico da *Melissa officinalis* L.



Fonte: Caldas (2019).

Apesar de Oliveira (1995) indicar que a colheita deve ser iniciada assim que os botões florais começam a aparecer e que o corte seja a uma altura de 10 cm. As condições climáticas no Brasil não favorecem a emissão de flores, tornando assim a

recomendação que o corte seja seguido do tempo de cultivo, considerando o ciclo de 90 a 120 dias.

No nordeste brasileiro, os autores Blank et al. (2006) observaram a influência da altura e o intervalo de corte na melissa. As alturas analisadas foram 10 e 5 cm, onde não houve diferença considerável perante o peso seco de folhas, no entanto, o corte de 10 cm apresentou maior peso seco de caule e gerou maior índice de sobrevivência e desenvolvimento mais rápido na rebrota. A colheita da rebrota, por recomendação dos mesmos, deve ser feita 11 semanas após a primeira colheita.

Perante a literatura, encontramos diversos valores de produtividade. Em vista que foram realizados com diferentes manejos, diferentes propagações e com a falta de padronização do material genético das mudas. Os autores Wanderer (2004) e Oliveira (1995) obtiveram resultados que geraram uma produtividade de 10 a 15 mil kg ha⁻¹ de massa fresca, com um rendimento de 2,5 a 3,5 mil kg ha⁻¹ de massa seca. Outros autores, Hernández et al. (2001), abordaram uma produtividade que alcançou os 30 mil kg ha⁻¹ de massa fresca e um rendimento de 5,7 mil kg ha⁻¹ de massa seca somente da parte aérea. Perante as análises de Martins et al. (2000) para produção em plantios comerciais, a produtividade pode chegar a 1,8 mil kg ha⁻¹ de folhas secas por ano. Os dados obtidos por Wanderer (2004), que utilizou sementes importadas, foram de 1,7 a 2,8 mil kg ha⁻¹ de folhas secas no primeiro corte. Já no segundo corte obteve 1,34 a 2,75 mil kg ha⁻¹ de folhas secas. Em experimento com duas cultivares de *melissa officinalis* L., Landor e MO, Montanari et al. (1997) obtiveram resultados com diferença significativa quando avaliado o rendimento das duas cultivares. Para a cultivar Landor foi obtido produtividade de 1,165 mil kg ha⁻¹ de folhas secas no primeiro corte e 1,806 mil kg ha⁻¹ de folhas secas no segundo corte. Já a cultivar MO apresentou 5,584 mil kg ha⁻¹ de folha seca no primeiro corte e 2,596 mil kg ha⁻¹ de folhas secas no segundo corte.

O rendimento de óleo essencial na cultura da melissa é baixo, em torno de 0,02 a 0,4% (SARER e KÔKDIL, 1991). Devido a seus constituintes químicos, sua eficácia fitoterápica, ao baixo rendimento de óleo e a crescente busca pela população por produtos naturais, a melissa possui alto valor no mercado, sendo oferecido até R\$ 11,00 por quilo de folha seca e R\$ 23,50 cada 10 mL de óleo essencial. Por ser uma cultura de fácil manejo e não exigir grandes investimentos, adapta-se muito bem a pequena propriedade, tornando-se uma alternativa de renda para o agricultor (MEIRA et al., 2013; MARTINS et al., 2000; WANDERER, 2004).

2.2 Irrigação e manejo

Irrigação é uma técnica utilizada na agricultura que tem por objetivo o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando a produtividade e a sobrevivência da plantação, complementa a precipitação natural, e em certos casos, enriquece o solo com a deposição de elementos fertilizantes (PAZ, TEODORO e MENDONÇA, 2000).

A aplicação de água no solo com a finalidade de fornecer às espécies vegetais a condição hídrica ideal ao seu desenvolvimento pode ser realizada por meio dos mais diversos métodos. Dentre eles, os que aplicam a água com alta frequência e de forma localizada, estão gotejamento, microaspersão, bubbler e subsuperficial (SOUZA, 2005).

A irrigação localizada caracteriza-se, basicamente, pela aplicação da água numa fração do volume do solo explorado pelas raízes da planta, de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada por meio de pequenas vazões e curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade ideais para a cultura. Pode ser compreendida como um método de irrigação em que a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular em pequenas intensidades, porém com alta frequência, de modo a manter um potencial matricial alto nesta região, teor de água próximo a capacidade de campo (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, 2009).

Alguns métodos de irrigação são passíveis de serem utilizados em estufas, entre eles: sulcos, aspersão e localizada. Contudo o sistema de irrigação mais conhecido e recomendado para esta prática é o gotejamento (SILVA, CARRIJO e MAROUELLI, 1999).

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2009) no manejo eficiente de irrigação, chama-se de frequência de irrigação (ou turno de rega), o número de dias decorridos entre uma irrigação e outra, sem que haja comprometimento das necessidades hídricas das plantas nos seus diferentes estágios fisiológicos. Marouelli e Silva (2005) citam que a frequência de irrigação é dependente de fatores climáticos e do solo. Gomes (1999) afirma que a água necessária para as plantas, deve ser aplicada com uma determinada frequência para alcançar as exigências hídricas, ou seja, para repor a água consumida pela evapotranspiração da cultura.

A frequência de irrigação pode ser fixa ou variável, sendo que, a frequência fixa possibilita o planejamento das atividades ligadas à irrigação das culturas, já a frequência

variável não permite saber exatamente quando será aplicada a irrigação, mas com sua adoção é possível fazer uma ótima aproximação da quantidade de que será utilizada (SOUZA e ANDRADE, 2010).

Vários autores avaliaram em diferentes culturas, condições climáticas e solos, o manejo da irrigação através de diferentes frequências. Souza e Andrade (2010) citam que irrigações pouco frequentes e com lâminas elevadas acabam favorecendo à lixiviação de nutrientes e ao surgimento de doenças nas plantas. Porém, irrigações muito frequentes e com lâminas reduzidas também podem não ser adequadas, pois costumam molhar somente a camada superficial do solo, facilitando uma maior perda de água pelo processo de evaporação, além de limitar o volume de solo efetivamente explorado pelas raízes (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2009)

O conhecimento da função de resposta das culturas à água permite ao administrador utilizar melhor os recursos hídricos, aumentando assim a eficiência econômica. O manejo de irrigação com aplicações frequentes ajuda a manter o solo com um ótimo teor de água, favorecendo ao desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, à obtenção de maiores produtividades e rendimentos econômicos.

2.3 Sistema radicular

O sistema radicular possui extrema importância para as plantas, pois é indispensável para obtenção de água e nutrientes, respiração, no processo de fotossíntese, além de possuir a função de fixação das plantas no solo. Ainda, fazem o armazenamento de substâncias de reserva, as quais são utilizadas pelas plantas em situações de críticas, realizam biossínteses de substâncias como os alcaloides e hormônios vegetais, (VIEIRA et al., 2010).

A informação da profundidade e distância da área de atuação do sistema radicular proporciona conhecer a totalidade da camada de solo onde deve ser feita a adubação, de forma que seja melhor aproveitado pela cultura. (SANT'ANA, 2011).

De acordo com Lehmann (2003), as raízes detectam alterações ambientais (características físicas, químicas e biológicas do solo) e respondem a mudanças sazonais e climáticas. Vasconcelos & Garcia (2005) destacam que, além da influência ambiental, bem como genética, a arquitetura do sistema radicular também sofre alterações em função da idade da planta, podendo variar tanto entre ciclos de cultivo como dentro de um mesmo ciclo.

O desenvolvimento do sistema radicular é bastante influenciado pela irrigação. Em condições de baixa disponibilidade de água no solo, as plantas investem mais fitomassa no sistema radicular, no intuito de aumentar a capacidade de absorção de nutrientes (Correia e Nogueira, 2004). O déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular, aumentando a densidade e o comprimento das raízes para que atinjam zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo, no intuito de aumentar a eficiência de absorção de água e nutrientes (Santos e Carlesso, 1998). Por outro lado, em culturas irrigadas, principalmente quando utilizado sistema de irrigação localizado, microaspersão e gotejamento, o desenvolvimento do sistema radicular pode ser limitado, sendo superficial e concentrado na zona molhada (RUIZ-SANCHES et al., 2005).

Em trabalho com a *Mentha piperita*, Lordêllo (2015) verificou que a disponibilidade hídrica afetou significativamente o desenvolvimento do sistema radicular da cultura. Ao considerarem diferentes tratamento de irrigação, baseados na capacidade de campo (100%, 80%, 60% e 40%), obtiveram maiores valores de produção de fitomassa seca de raiz com menores níveis de umidade de solo. Correia e Nogueira (2004) analisaram o desenvolvimento do sistema radicular de plantas de amendoim sob duas condições hídricas (irrigação sob controle e suspensão total da irrigação) em diferentes épocas de avaliação (7, 14, 21, 28 e 35 dias). Os autores observaram diferença estatística significativa em todas as épocas de avaliação nos dois tratamentos hídricos, sendo que os maiores valores médios foram obtidos com o tratamento com suspensão da irrigação. Concluíram que o déficit hídrico promovido pelo tratamento com suspensão da irrigação reduziu a alocação de fitomassa das folhas e dos caules e aumentou a fitomassa das raízes. Outros trabalhos têm demonstrado esse efeito sobre o desenvolvimento do sistema radicular, como o de Silva et al. (2002) para a *Melaleuca alternifolia* Cheel, e o de Jaleel et al. (2008), com a *Catharanthus roseus*. No entanto, Caldas (2019), não verificou diferença significativa ao analisar a produção de fitomassa seca de raiz em plantas de *melissa officinalis* L. sob diferentes tratamentos de irrigação (25%, 75%, 100%, 125% e 150% da ETc.), cultivadas em vasos em casa de vegetação.

O acompanhamento do nível de umidade na região de maior atividade do sistema radicular é importante para verificar a efetividade do uso da irrigação. O potencial matricial de água no solo permite identificar a condição atual de umidade do solo, tanto superficial quanto em profundidade, bem como verificar a necessidade de

aplicação de irrigação. Sendo possível verificar se o solo tem água suficiente para atender às necessidades hídricas da planta (AZEVEDO; SILVA, 1999).

Nos dias de hoje, percebe-se que estudos relacionados ao sistema radicular das plantas vêm obtendo maior notoriedade pelos pesquisadores. Todavia, ainda há uma grande defasagem nos estudos relacionados as raízes quando contrastado ao seguimento de pesquisa associado à região aérea das plantas. Entende-se que as metodologias utilizadas no estudo do sistema radicular são, geralmente, trabalhosas e não muito difundidas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O presente estudo foi desenvolvido em área experimental pertencente ao Setor de Engenharia de Água e Solo, no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais.

3.2 Instalação

Foi conduzido em casa de vegetação no período entre os dias 27 de dezembro de 2016, quando houve o transplântio das mudas e 28 de março de 2017, quando foi realizado a colheita das plantas. As mudas de *Melissa Officinalis* L. foram cedidas pelo Laboratório de Cultura de Tecidos, do Setor de Plantas medicinais da UFLA. Foram produzidas por meio de cultivo in vitro e após, transferidas para substrato de cultivo em bandejas de 128 células.

Figura 2 – Vigor das mudas de *Melissa Officinalis L.*



Fonte: Do autor (2017).

Ao atingirem em média 0,10 m de altura foram transplantadas em vasos plásticos de 13 L preenchidos com solo e esterco bovino na proporção 2:1, respectivamente. Foi colocado uma planta por vaso. Cinco dias antes do transplante das mudas, foi aplicado um volume de água nos vasos até que a percolação se iniciasse e a seguir, estes foram cobertos por filme plástico para manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Os vasos foram colocados em bancadas de estrutura metálica. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados.

Figura 3 – Distribuição em blocos casualizados.



Fonte: Do autor (2017).

3.3 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, com gotejadores autocompensantes e vazão nominal de 4 L h^{-1} , sendo um gotejador por vaso e microtubos para direcionar a água para a superfície dos vasos. Foi avaliado a frequência de irrigação e sua interação com o desenvolvimento do sistema radicular da cultura. As frequências de irrigação foram de 2, 3, 4, 5 e 6 dias. Cada tratamento teve 3 repetições, sendo uma planta por repetição. As lâminas de irrigação aplicadas durante todo o experimento corresponderam de 100% do volume de água consumido pela evapotranspiração acumulada no intervalo entre as irrigações. Foram calculadas pela diferença média da pesagem diária de 3 vasos adicionais, definidos como vasos de controle, com plantas semelhantes aos dos tratamentos.

Figura 4 – Demonstração do sistema de irrigação.



Fonte: Do autor (2017).

3.4 Características avaliadas

As características de desenvolvimento radicular avaliadas foram fitomassa fresca de raiz (FFR), fitomassa seca de raiz (FSR), volume de raiz (VR) e densidade de raiz (DR). Os vasos foram retirados e a separação da raiz do composto solo-esterco bovino foi feita através de jatos d'água.

Figura 5 – Processo de separação do composto solo-esterco do sistema radicular.



Fonte: Do autor (2017).

Após a separação estas foram colocadas para pré-secagem por 24 h em abrigo protegido contra radiação solar direta e sob temperatura e umidade do ar em condição natural. Decorrido às 24 h foi determinado a fitomassa considerada como fresca em balança de precisão de 5 g.

Figura 6 – Pré-secagem em ambiente sombreado em condições naturais



Fonte: Do autor (2017).

Após, foram adicionadas em sacos de papel e levadas à estufa a 60°C, por 48 h até atingirem massa constante, em sequência foi determinado a fitomassa seca de raiz. O volume de raiz foi obtido pelo método da diferença de volume em béquer contendo água. A densidade de raiz foi calculada considerado a razão entre a fitomassa seca de raiz obtido e o volume dos vasos.

Figura 7 – Pesagem da massa fresca do sistema radicular.



Fonte: Do autor (2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de fitomassa fresca (FFR), fitomassa seca (FSR), volume (VR) e densidade de raiz (DR) obtidos ao longo do experimento podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1. Valores de fitomassa fresca e seca, volume e densidade de raiz obtidos durante a condução do experimento.

Variável	Frequência de irrigação	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3
fitomassa fresca de raiz - FFR (g)	2 dias	41,57	63,54	78,39
	3 dias	36,59	37,74	38,22
	4 dias	30,55	17,25	24,71
	5 dias	20,12	19,29	17,79
	6 dias	26,94	22,01	19,20
Fitomassa seca de raiz – FSR (g)	2 dias	31,79	38,77	43,41
	3 dias	27,76	29,39	30,91
	4 dias	23,99	14,45	19,93
	5 dias	16,61	15,96	14,90
	6 dias	22,78	17,63	15,70
Volume de raiz – VR (cm ³)	2 dias	50	70	100
	3 dias	50	50	70
	4 dias	40	25	65
	5 dias	40	30	20
	6 dias	40	40	70
Densidade de raiz – DR (g/cm ³)	2 dias	0,003846	0,005384	0,007692
	3 dias	0,003846	0,003846	0,005384
	4 dias	0,003076	0,001923	0,005000
	5 dias	0,003076	0,002307	0,001538
	6 dias	0,003076	0,003076	0,005384

Na Tabela 2 é apresentado os resultados da análise de variância e do teste de médias (teste Tukey) para as variáveis fitomassa fresca e seca, volume e densidade de raiz, para nível de significância de 5%.

De acordo com Chaves (2002) as espécies medicinais e aromáticas apresentam melhor desenvolvimento onde os solos possuem características favoráveis para a expansão do sistema radicular. Assim, de modo geral, conforme pode ser observado na Tabela 1, a frequência com intervalo de dois dias entre irrigações (TR2), apresentou maiores resultados de fitomassa fresca, fitomassa seca, volume e densidade de raiz, com 61,167 g, 37,990 g, 73,333 cm³ e 0,002922 g cm⁻³, respectivamente. No entanto, para o turno de rega de três dias (TR3), verifica-se que não há diferença estatística significativa, quando comparado com o tratamento TR2, com valores de 37,517 g, 29,353 g, 56,667 cm³ e 0,002258 g cm⁻³. Nesses tratamentos a variação da umidade ao longo do tempo foi menor quando comparados com os demais tratamentos (TR4, TR5 e TR6).

TABELA 2. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de desenvolvimento do sistema radicular da *Melissa officinalis* L. em função da frequência de irrigação.

Tratamento	Médias			
	Fitomassa fresca (FFR) (g)	Fitomassa Seca (FSR) (g)	Volume de Raiz (VR) (cm ³)	Densidade de raiz (DR) (g/cm ³)
TR2	61,167 ^b	37,990 ^c	73,333 ^b	0,002922 ^c
TR3	37,517 ^{ab}	29,353 ^{bc}	56,667 ^{ab}	0,002258 ^{bc}
TR4	24,170 ^a	19,457 ^{ab}	43,333 ^{ab}	0,001497 ^{ab}
TR5	22,717 ^a	18,703 ^{ab}	50,000 ^{ab}	0,001439 ^{ab}
TR6	19,067 ^a	15,823 ^a	30,000 ^a	0,001217 ^a

Nível de significância: 5%

Em todos os tratamentos houve reposição de 100% do volume de água evapotranspirado, mas, observou-se que, com intervalos maiores ou iguais a 4 dias entre irrigações, as plantas começaram a reduzir o desenvolvimento do sistema radicular, com menores valores de fitomassa fresca e seca, volume e densidade de raiz, fato que pode

afetar a produção e qualidade do princípio ativo. Os menores valores de desenvolvimento de raiz foram obtidos para o tratamento com 6 dias de intervalo entre irrigações (TR6), com 19,067 g, 15,823 g, 30,0 cm³ e 0,001217 g cm⁻³, para fitomassa fresca, fitomassa seca, volume e densidade de raiz, respectivamente. Isso indica que a partir do TR4 as plantas se tornaram mais sensíveis ao intervalo entre irrigação, devido a maior variação de umidade.

Observado que a melissa é uma planta medicinal, cujo objetivo de cultivo é a produção de óleo essencial, no qual está o princípio ativo, deve-se atentar ao fato de que a produção de fitomassa está relacionada a produção de substâncias secundárias. Na cultura da *melissa officinalis* L. alguns trabalhos tem corroborado com a ideia de que intervalos maiores entre irrigações consecutivas pode promover um acúmulo maior de metabólitos secundários, pois a planta reduz a produção de metabólitos primários, os quais seriam utilizados para seu crescimento e desenvolvimento e passa a sintetizar metabólitos secundários (tais como, fenóis, terpenos, alcaloides, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos), no intuito de protegerem a planta, propiciando melhores condições de sobrevivência.

Meira et al. (2013), Abbaszadeh et al. (2009) e Farahani et al. (2009), citam que o crescimento e a produção de fitomassa são influenciados pela disponibilidade hídrica, entretanto, a melhor produção de óleo essencial é obtida com menores lâminas aplicadas. O déficit hídrico pode diminuir a produção de massa seca de plantas sem afetar a qualidade do óleo essencial, no entanto, a utilização do déficit hídrico moderado pode ser benéfico para o acúmulo de princípios ativos em plantas medicinais e aromáticas, fazendo-se necessário conhecer a correta quantidade de água e o melhor momento a ser realizado a irrigação da cultura no sistema produtivo adotado (BLANK et al., 2006; PRAVUSCHI et al., 2010).

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do sistema radicular da *melissa officinalis* L. foi influenciado pela frequência de irrigação. Os valores de fitomassa fresca, fitomassa seca, volume de raiz e densidade de raiz foram diretamente proporcionais aos tratamentos de frequência de irrigação. O maior desenvolvimento se deu para o tratamento com dois dias de intervalo entre irrigações consecutivas, no entanto, os valores de fitomassa fresca, fitomassa seca, volume de raiz e densidade de raiz, para os tratamentos TR2 e TR3, a nível de significância de 5%, podem ser considerados iguais. O menor desenvolvimento ocorreu no tratamento com seis dias de intervalo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASZADEH, B. et al. Effects of irrigation levels on essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.). American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, v.3, n.1, p.53-56, 2009.

ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. de; LIMA JUNIOR, E. de C.; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. Revista Árvore, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2003.

AZEVEDO, J.A.; SILVA, E.M. Tensiômetro: dispositivo prático para controle de irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrados. 1999. 9 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. p. 23-625.

BLANK, A. F.; OLIVEIRA, A. S.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; FAQUIN, V. Efeitos da adubação química e da calagem na nutrição de melissa e hortelã-pimenta, Horticultura Brasileira, v.24, p. 195-198, 2006.

CALDAS, A. L. D. Avaliação de crescimento, produção de biomassa e produção de óleo essencial na cultura da *Melissa officinalis* L. cultivada em casa de vegetação e submetida a diferentes regimes hídricos. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 105p, 2019.

CHAVES, F.C.M. Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função da adubação orgânica e épocas de corte. 2002. 144 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

Correia, K. G.; Nogueira, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. Revista de Biologia e Ciência da Terra, v.4, n.2, 2004.

COUTO, M. E. O. Coleção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 91 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 157).

Evans, WC. Trease and Evans: Pharmacognosy. 15th ed. London: W.B. Saunders, 2002. 585 p.

FARAHANI, H.A. et al. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Medicinal Plants Research, v.3, n.5, p.329-333, 2009.

GOMES, H. P. Engenharia de irrigação – Hidráulica dos sistemas pressurizados - Aspersão e gotejamento. 3. ed. Campina Grande: Ed.UFPB, 1999. 411p.

HERNÁNDEZ, C. M. L.; FERRADA, C. A. L.; LUZ, L. A. Estudos agrícolas em *Melissa officinalis* L. (toronjil): fecha de propagación e plantación. Rev. Cubana Plan. Med., v. 3, p. 93-97, 2001.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; LAKSHMANAN, G. M.; GOMATHINAYAGAM, M.; PANNEERSELVAM, R. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. Colloids and Surfaces B: biointerfaces, Amsterdam, v. 61, n. 1, p. 298-303, fev. 2008.

Judd WS. Plant systematics: a phylogenetic approach. 2. ed. Sunderland: Editora Sinauer Associates. 1999. 464 p.: il.

LEHMANN, J. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. Plant and Soil, The Hague, v. 255, n. 1, p. 319-331, 2003.

LORDÊLLO, D. M. S da S. Disponibilidade hídrica no crescimento, acúmulo e composição química do óleo essencial de *Mentha piperita* e estudo comparativo de atividades antioxidantes em espécies de mentas. 2015. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 7, p.661-666, 2005.

MARTINS, E. R., Castro DM, Castellani DC & Dias J E (1998) Plantas medicinais. Viçosa, Editora UFV. 220 p.

MARTINS, E. R. et al. Plantas medicinais. Viçosa: UFV, 2000. 220 p.

MAY, A.; BOVI, O. A.; SACCONI, L. V.; SAMRA, A. G.; PINHEIRO, M. Q. Produtividade da biomassa de Melissa em função de intervalos de cortes e doses de nitrogênio. Horticultura Brasileira, v. 26, p. 312-315, 2008.

MEIRA, M. R.; MELO, M. T. P. de; MARTINS, E. R. M.; PINTO, M. J. da S.; SANTANA, C. S. Crescimento vegetativo, produção de fitomassa e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. sob diferentes lâminas de irrigação. Ciência Rural, Santa Maria online, Santa Maria, 2013.

MONTANARI JR., I.; PEREIRA, B.; MAGALHÃES, P. M. Ensaio comparativo da produtividade de duas variedades de *Melissa Officinalis* L. In: III JORNADA PAULISTA DE PLANTAS MEDICINAIS. 1997, São Paulo. Resumos... São Paulo, 1997. Não paginada.

OLIVEIRA, L. N. P. Verde Saúde: Plantas medicinais. Curitiba, 1995, 60 p.

PANIZZA, S. Plantas que curam – cheiro de mato. 22 ed. São Paulo: Ed. IBRASA, 1997. 279 p.

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

PRAVUSCHI, P.R.; MARQUES, P. A. A.; RIGOLIN, B. H. M.; SANTOS, A. C. P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). Acta Scientiarum. v.32, n.4, p.687-693, 2010.

RUIZ-SANCHES, M. C. et al. Spatial root distribution of apricot trees in different soil tillage practices. Plant and Soil, The Hague, v. 272, n. 1/2, p. 211-221, May 2005.

SANT'ANA, J. A. do V. Distribuição de raízes de bananeira 'prata-anã' sob diferentes sistemas de irrigação em condições semiáridos. Lavras: UFLA, 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

SANTOS, R.F. & CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. R. Bras. Eng. Agric. Amb., 2:287-294, 1998.

SANTOS, M. F.; MENDONÇA, M. C.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; DANTAS, I. B.; SILVA-MANN, R.; BLANK, A. F. Esterco bovino e biofertilizante no cultivo de erva-cidreira-verdadeira (*Melissa officinalis* L.). Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.11, n. 4, p. 355-359, 2009.

SARER, E.; KÖKDIL, G. Constituents of the essential oil from *Melissa officinalis* L. Planta Medica, v. 57, p. 89-90, 1991.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. de A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre as características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. Acta Scientiarum, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SILVA, P. A.; NETO SANTOS, A. L. dos.; FILHO, S. M.; BLANK, A. F. Efeito da temperatura e da luz na germinação e no vigor de sementes de *Melissa Officinalis* L. Horticultura Brasileira, v. 22, n. 2, 2004.

SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A. Fertirrigação na Embrapa Hortícolas. In: FOLEGATTI, M.V., coord. Fertirrigação: citrus, flores, hortícolas. Guaíba: Agropecuaria, 1999. p.433-440.

SODRÉ, A. C. B. Biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de *Melissa officinalis* em função de adubação orgânica e mineral. Uberlândia, 2007. 48 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

SOUZA, Ivam H. de; ANDRADE, Eunice M. de; SILVA, Elio L. da. Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo software "bubbler". Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 264-271, abr. 2005.

SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M. Manejo da irrigação. In: Andrade, E. M.; Pereira, O, J.; Dantas, F. E. R. (Eds). Semiárido e manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural. Fortaleza, p. 239-260, 2010.

VASCONCELOS, A. C. M.; GARCIA, J. C. Desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. Potafos. Informações Agronômicas, n.110, 2005 (encarte técnico).

VIEIRA, E.L.; SOUZA, G.S.; SANTOS, A.R.; SILVA, J.S. Manual de Fisiologia Vegetal. São Luis: EDUFMA, 2010. 230p.

WANDERER, M. Produção de mudas e rendimento de biomassa de melissa (*Melissa officinalis* L.) sob diferentes espaçamentos de plantas e coberturas de solo. Porto Alegre, 2004. 122 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.