



**LUKAS DOS SANTOS BOEIRA**

**Produtividade da água na produção e crescimento de  
*Melissa officinalis* L. irrigada com água tratada  
magneticamente**

**LAVRAS-MG**

**2018**

**LUKAS DOS SANTOS BOEIRA**

**Produtividade da água na produção e crescimento de  
*Melissa officinalis* L. irrigada com água tratada  
magneticamente**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração Engenharia e Manejo de Irrigação, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Adriano Valentim Diotto - Orientador

**LAVRAS-MG**

**2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha  
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados  
pelo próprio autor.**

Boeira, Lukas dos Santos.

Produtividade da água na produção e crescimento  
de *Melissa officinalis* L. irrigada com água tratada  
magneticamente / Lukas dos Santos Boeira. - 2018.  
66 p. : il.

Orientador: Adriano Valentim Diotto.

.  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade  
Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Plantas medicinais. 2. Magnetizador. 3.  
Gotejamento. I. 4. Ambiente Protegido. Diotto, Adriano  
Valentim. . II. Título.

**LUKAS DOS SANTOS BOEIRA**

**Produtividade da água na produção e crescimento de  
*Melissa officinalis* L. irrigada com água tratada  
magneticamente**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração Engenharia e Manejo de Irrigação, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 13 de Agosto de 2018.

Dr. Adriano Valentim Diotto	(UFLA)
Dr. Fábio Ponciano de Deus	(UFLA)
Dra. Patrícia Angélica Alves Marques	(ESALQ/USP)

Prof. Dr. Adriano Valentim Diotto - Orientador

**LAVRAS-MG**

**2018**

*Aos meus irmãos Luana e Guilherme*

## **Agradecimentos**

Primeiramente à Deus por todas as conquistas.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela oportunidade.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

À empresa Timol pelo empréstimo do equipamento possibilitando a realização do presente estudo.

Aos meus pais *João e Karine* por todo amor e apoio incondicional. Sem vocês não poderia estar conquistando mais essa etapa.

Aos meus irmãos *Luana e Guilherme* por toda parceria e carinho.

Aos meus padrinhos *Sandra e Eduardo*, meus tios *Catiane e Magdiel* e minha avó *Sueli*, por sempre se fazerem presentes em minha vida.

À todos meus colegas de mestrado em especial a *Karina Vilela e Mariana Gontijo*, por fazerem desse último ano mais divertido.

À todos meus amigos, em especial a *Michaela Bárbara*, por todas conversas, ideias e auxílio nas correções do presente trabalho.

À minha parceira de experimento *Ana Paula Medeiros*, por toda ajuda e companheirismo durante essa etapa.

À todos professores e funcionários do programa, em especial ao professor *Adriano Diotto*, pela orientação, paciência e disposição para ajudar.

Aos professores *Fábio Ponciano de Deus e Patrícia Angélica Alves Marques* por todas considerações e colaborações para o presente trabalho.

***Muito Obrigado!***

*"A persistência é o caminho do êxito."  
(Charlie Chaplin)*

## Resumo

A melissa (*Melissa officinalis* L.) é uma planta com princípios ativos de uso medicinal como calmante, diurético e sedativo, com destaque para a produção de óleo essencial, muito utilizada por possuir atividade antioxidativa, antibiótica, antifúngica, antibacteriana e sedativa. Uma das técnicas que vem se mostrando potencialmente promissora em diferentes áreas, inclusive na área agrícola, é a utilização de água tratada magneticamente. A técnica consiste num processo no qual, a água é submetida a um campo magnético constante, causando mudanças nas propriedades físicas e químicas da água. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e a produtividade da água em relação a produção de matéria seca de folhas e de óleo essencial de *Melissa officinalis* produzido em ambiente protegido, irrigado por gotejamento com água convencional e tratada magneticamente. Utilizou-se como tratamento a variação na reposição da água evapotranspirada, estimada através de lisímetria de pesagem em vasos, sendo utilizada 25%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura (Etc) aplicada com água tratada magneticamente (ATM) e a água convencional (AC). Foram avaliadas a altura da planta, diâmetro do caule, massa seca de folhas, área foliar, condutividade elétrica e pH da solução drenada, rendimento e produção do óleo essencial e a produtividade da água em relação a produção de massa seca de folhas e produção do óleo essencial. Os resultados mostram que as variáveis de diâmetro do caule, produtividade da água em relação a produção de massa seca de folhas e em relação a produção de óleo essencial apresentaram diferença significativa, através da análise de variância, em função do tipo de água utilizada. Os tratamentos que receberam 25% da ETc tanto para ATM quanto para AC, apresentaram diferença significativa, com valores inferiores em relação aos demais para as variáveis de altura da planta, diâmetro de caule, taxa de crescimento em altura da planta, área foliar, massa seca de folhas, produção de óleo essencial e superior para rendimento do óleo essencial e produtividade da água em relação a produção de óleo essencial. Por sua vez, as variáveis condutividade elétrica e pH não apresentaram nenhuma diferença significativa entre os tratamentos. Levando em consideração os parâmetros avaliados, o tratamento de 75% da ETc irrigado com AC foi o que apresentou os melhores resultados.

**Palavras-chaves:** Plantas medicinais; Magnetizador; Gotejamento; Ambiente protegido



## **Abstract**

Melissa (*Melissa officinalis L.*) is a plant with active principles of medicinal use of soothing, diuretic and sedative, with emphasis on the production of essential oil, widely used for antioxidative, antibiotic, antifungal, antibacterial and sedative activity. One technique that has been shown to be promising in different areas, including agricultural area, is the use of magnetically treated water. The technique consists of a process in which water is subjected to a constant magnetic field, causing changes in its physical and chemical properties. The objective of the present study was to evaluate the growth and water productivity in relation to the leaves dry matter production and production of essential oil of *Melissa officinalis* produced in a greenhouse, irrigated by dripping with conventional and magnetically treated water. The variation in the evapotranspiration was estimated by weighing lysimeters, using 25%, 75%, 100% and 125% of the evapotranspiration of the crop (Etc) applied with magnetically treated water (MTA) and conventional water (CW). Plant height, stem diameter, leaf dry mass, leaf area, electrical conductivity and pH of the drained solution, crop yield and yield of the essential oil, and water productivity in relation to dry leaf mass production and e the essential oil production were evaluated. The results showed that the variables of stem diameter, water productivity in relation to leaf dry mass production and in relation to essential oil production presented a significant difference, through the analysis of variance, in depending on the type of water used. The treatments that received 25% of ETc for both MTA and CW showed a significant difference, with lower values in relation to the others for the variables plant height, stem diameter, growth rate at plant height, leaf area, leaf dry mass, and essential oil production, and higher for essential oil yield and water productivity compared to essential oil production. On the other hand, the variables electrical conductivity and pH did not present any significant difference between the treatments. Taking into consideration the evaluated parameters, the treatment of 75% of the ETc irrigated with CW it was the one with best results.

**Keywords:** Medicinal plants; Magnetizer; Drip; Crop's controlled environment

## Lista de Ilustrações

Figura 1 - Aspecto botânico de <i>Melissa officinalis</i> L.....	17
Figura 2 - Estrutura utilizada para a realização do experimento. ....	23
Figura 3 – Disposição dos vasos nas bancadas e localização do reservatório de água convencional e de água tratada magneticamente, sistema de bombeamento, balança de pesagem e estação meteorológica.....	24
Figura 4 - Magnetizador Sylocimol® Residence. ....	27
Figura 5 - Avaliação da altura (A) e diâmetro (B) das plantas.....	28
Figura 6 - Determinação da área foliar através do Integralizador Licor® RI-3100.....	29
Figura 7 - Análise de condutividade elétrica (A) e de pH (B) na solução drenada dos vasos.....	29
Figura 8 - Folhas e caule antes de serem separados (A) e folhas acondicionadas em sacos de papel na estufa de circulação de ar (B). ....	30
Figura 9 - Processo de hidrodestilação (A) e Fase orgânica tratada (B). ....	30
Figura 10 - Muda de <i>Melissa officinalis</i> (A) e muda de <i>Melissa officinalis</i> sendo transplantada para os vasos preenchidos com dois terço de latossolo, um terço de areia e 440 gramas de esterco curtido bovino(B).....	33
Figura 11 - Bancadas organizadas para o início do experimento. ....	34
Figura 12 - Amostra de Solo do dia zero do experimento enviada para análise. ....	34
Figura 13 - Temperatura máxima e mínima do ar na parte interna do ambiente protegido e externa ocorrida durante o período do experimento. ....	37
Figura 14 - Umidade relativa máxima e mínima do ar na parte interna do ambiente protegido e na externa ocorrida durante o período do experimento. ....	38
Figura 15 - Volume de água aplicada durante todo o ciclo para os tratamentos de água convencional e de água tratada magneticamente.....	39
Figura 16 - Resultados de altura média final da planta para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada.....	40
Figura 17 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável de altura média final da planta em relação com os volumes de água aplicada.....	41
Figura 18 - Resultados de diâmetro médio de caule final para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada .....	42
Figura 19 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável de diâmetro médio de caule final em relação com os volumes de água aplicada.....	43

Figura 20 - Resultado de taxa de crescimento média em altura da planta para os tratamentos estudados durante todo do ciclo da cultura, referente aos 90 dias de cultivo .....	44
Figura 21 - Taxa de crescimento média em altura da planta por discriminação do ..... volume de água aplicada.....	45
Figura 22 - Resultados de área média foliar obtida ao final do ciclo para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada.....	46
Figura 23 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável de área média foliar em relação com os volumes de água aplicada .....	47
Figura 24 - Resultados de massa seca média de folhas para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada.....	48
Figura 25 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável massa seca de folhas em relação com os volumes de água aplicada. ....	49
Figura 26 - Resultados de rendimento de óleo essencial folhas para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada .....	52
Figura 27 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável rendimento de óleo essencial em relação com os volumes de água aplicada.....	53
Figura 28 - Resultados de produção de óleo essencial para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada.....	54
Figura 29 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável produção de óleo essencial em relação com os volumes de água aplicada.....	55
Figura 30 - Resultados da produtividade da água em relação a massa seca de folhas para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada.....	56
Figura 31 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável produtividade da água para a massa seca de folhas em relação com os volumes de água aplicada .....	57
Figura 32 - Resultados da produtividade da água em relação a produção de óleo essencial para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada .....	58
Figura 33 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável produtividade da água para a produção de óleo essencial em relação com os volumes de água aplicada .....	59

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Valores de referência utilizados para classificação do CUC e CUD .....	27
Tabela 2 - Análise da fertilidade química inicial do solo da área experimental. Lavras, MG, 2018.....	35
Tabela 3 - Resultados obtidos nas duas avaliações do sistema de irrigação para cada um dos tratamentos .....	35
Tabela 4 - Resultados semanais de condutividade elétrica média e pH médio para os tratamentos com volume de 125% ETc com água tratada magneticamente (ATM) e água convencional (AC).....	50

## Sumário

<b>1 Introdução .....</b>	<b>15</b>
1.1 Hipótese .....	16
1.2 Objetivo geral .....	16
1.3 Objetivos específicos .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1 <i>Melissa officinalis</i> .....	17
2.2 Influência da Irrigação na Produção de Melissa .....	19
2.3 Tratamento Magnético da Água nos Cultivos Irrigados .....	20
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 Área experimental .....	23
3.2 Ambiente Protegido .....	23
3.3 Instalação experimental .....	24
3.4 Avaliação do Sistema de irrigação .....	26
3.5 Tratamento Magnético da Água .....	27
3.6 Características Avaliadas .....	28
3.7 Análise estatística .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
4.1 Instalação do experimento .....	33
4.2 Avaliação do Sistema de irrigação .....	35
4.3 Condições meteorológicas durante o experimento .....	36
4.4 Consumo de água .....	38
4.5 Variáveis de crescimento .....	39
4.6 Área Foliar .....	45
4.7 Massa seca de folhas .....	47
4.8 Condutividade elétrica e pH .....	50
4.9 Rendimento e Produção de óleo essencial .....	51

4.10 Produtividade da água.....	55
<b>5. Conclusão .....</b>	<b>61</b>
<b>6. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>62</b>

## 1 Introdução

A utilização de plantas medicinais é uma prática que já vem ocorrendo a muito tempo, tendo seus estudos relacionados a caracterizações químicas iniciadas no século XVII. Com o passar dos anos, um grande número de plantas vêm sendo exploradas economicamente para a produção de óleos essenciais e com isso, muitos estudos são desenvolvidos a fim de ampliar a disponibilidade de fontes de matéria prima.

O interesse pelas espécies com propriedades medicinais tem sido crescente devido, inclusive, a aprovação pelo governo federal da Política Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos, por meio do Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006, e da Portaria Interministerial nº 2960, de 9 de dezembro de 2008, que aprova o Programa Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos. Atualmente, a *Melissa officinalis*, comumente denominada por melissa, é uma das onze plantas medicinais incluídas na lista do Programa Estadual Componente Verde, da Secretária de Estado de Saúde de Minas Gerais, que serão disponibilizados pelo Sistema Único de Saúde de Minas Gerais (SUS/MG).

A melissa, conhecida popularmente como erva-cidreira, é uma das plantas utilizadas para a produção de óleo essencial, largamente utilizado pela indústria farmacêutica por possuir atividade antioxidativa, antibiótica, antifúngica, antibacteriana e sedativa. Pertence à família das Lamiaceae, originária da Ásia e Europa e é cultivada no Brasil há mais de um século tendo sido usada para diversos fins medicinais, como calmante, indutor do sono e na produção de perfumes e cosméticos.

A disponibilidade de água é um dos principais fatores que afetam o desenvolvimento das plantas, porém tanto a falta como o excesso de água podem exercer um efeito negativo de intensidade variável em função da cultura e da sua fase de desenvolvimento. O conhecimento da exigência hídrica de uma cultura em suas distintas fases fenológicas, bem como dos fatores climáticos do local onde será explorada são essenciais para o planejamento e manejo adequado da irrigação.

Devido a importância da cultura no âmbito das plantas medicinais e a necessidade de otimização do uso da água de irrigação, é fundamental não só o entendimento da correlação entre a disponibilidade de água no solo e a produção de biomassa, mas também em função do produto final que é o óleo essencial.

Aliada a disponibilidade de água à cultura, é necessário considerar a qualidade da

água utilizada e seus efeitos no crescimento da planta e ou na sua produção. Atualmente, muitos pesquisadores vêm realizando estudos em diversas culturas utilizando água tratada magneticamente na irrigação, com o intuito de aumentar tanto o rendimento quanto a qualidade do produto final e também a eficiência do uso da água.

### **1.1 Hipótese**

A hipótese investigada é de que a utilização de água tratada magneticamente influencia o crescimento, o rendimento de óleo essencial e a produtividade da água na produção de *Melissa officinalis L.*, plantada em vaso em casa de vegetação no Sul de Minas Gerais.

### **1.2 Objetivo geral**

Estabelecer o manejo hídrico por lisímetria de pesagem em vasos na produção de *Melissa officinalis L.* instalada em casa de vegetação e a influência da magnetização da água de irrigação nos parâmetros de pH e condutividade elétrica da solução drenada.

### **1.3 Objetivos específicos**

- I. Avaliar a produtividade da água em relação a produção de massa seca de folhas e produção de óleo essencial de *Melissa officinalis L.* produzido em vasos em ambiente protegido e irrigado por gotejamento com água convencional e água tratada magneticamente.
- II. Avaliar a influência da utilização da água tratada magneticamente na irrigação por gotejamento na condutividade elétrica e pH da solução drenada no cultivo em vasos de *Melissa officinalis*.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Melissa officinalis*

A produção de plantas medicinais está se tornando uma grande fonte de renda para os produtores rurais. Sua inserção no campo dos “agronegócios”, muito embora venha ocorrendo de forma lenta, mostra-se em gradativa expansão, aparecendo como uma atividade agrícola de expressão econômica, em razão do aumento da demanda por produtos naturais com potenciais terapêuticos (BORBA et al., 2012).

A *Melissa officinalis*, conhecida também como erva-cidreira, melissa romana ou chá da França é uma planta de origem do Sul da Europa (região mediterrânea) e do Oriente Médio. Tem seu cultivo realizado em vários países de clima subtropical e temperado e encontra-se em quase todo Brasil, especialmente nos estados sulinos (CASTRO; CHEMALE, 1995).

Pertencente à família Lamiaceae, a *Melissa officinalis*, tem como principais características ser uma cultura perene, podendo atingir de 30 a 100 cm de altura, tendo um caule quadrangular, herbáceo, ereto, piloso e aromático. Suas folhas são de coloração verde-escura na parte superior e verde-clara na parte inferior, medindo de 5 a 8 cm de comprimento, são pecioladas, opostas, ovais, pilosas e com nervuras bem salientes (Figura 1). As flores, quando surgem, pois no Brasil dificilmente floresce, são brancas ou amareladas, reunidas em fascículos de 2 a 6 unidades com florescimento de outubro a março na Europa (BLANK et al., 2005; HERTWIG, 1986).

Figura 1 - Aspecto botânico de *Melissa officinalis* L.



Fonte: Do autor (2018)

Um dos principais produtos da melissa é o seu óleo essencial, sendo extraído dessas plantas e usados como flavorizantes, aromatizantes e terapêuticos nas indústrias alimentícias, farmacêutica e cosmética (ROCHA, 2002).

Análises químicas dos extratos de partes aéreas de melissa evidenciaram presença de monoterpenos aromáticos, como citral, citronelal, geraniol, cânfora, além de mucilagem, taninos, saponinas e resinas (BLANK et al., 2006).

Os teores de óleo essencial de melissa, obtidos por hidrodestilação são habitualmente muito baixos (0,02 a 0,40%), o que o coloca em uma das classes mais preciosas de óleo essencial, apresentando alto valor de mercado, comparado aos preços do óleo essencial de rosas e de outras aromáticas (PAVIANI, 2004).

É indicada para as mais diversas finalidades, visto que destaca-se como princípios medicinais de calmante, diurético, sedativo, estomáquica, antiespasmódica, carminativa, colerética e tônica. Suas propriedades farmacológicas são descritas como um tranquilizante, apresentando também como indutor de sono. Seu óleo essencial, submetido a ensaios farmacológicos, demonstrou uma ação bacteriostática. Os seus taninos diferem dos normalmente encontrados em outras plantas, atribuindo-se a estes forte ação virustática, principalmente sobre o Vírus Herpes Simplex 1, causador da herpes labial (LAMEIRA et al. 2008).

Para seu cultivo, a *Melissa officinalis* se adapta melhor em solos férteis, drenados, ricos em matéria orgânica e profundos, de textura média. Propaga-se por divisão de rizomas, sementes e estacas dos ramos. O plantio dos rizomas pode ser feito diretamente a campo, porém obtém-se um maior índice de pegamento e mudas de maior qualidade produzindo-as em ambientes sombreados, em saquinhos plásticos ou recipientes perfurados contendo substrato organo-mineral. O espaçamento geralmente utilizado para essa cultura na condição de campo é de 0,80 x 0,20 m (LAMEIRA et al. 2008).

A melissa é uma planta que prefere climas temperados e não resiste a geadas e vento frio, se adapta melhor a lugares parcialmente sombreados, não tolerando calor excessivo (LORENZI & MATOS, 2002).

Segundo Luz et al. (2014), o cultivo de *Melissa officinalis* em ambiente protegido apresenta melhores resultados de biomassa, maior rendimento de óleo essencial, e maior taxa do constituinte citral.

## 2.2 Influência da Irrigação na Produção de Melissa

Cultivos realizados em ambientes protegidos apresentam a necessidade de uma irrigação obrigatória e intensiva, onde o agricultor deve ter a precaução no planejamento do uso da técnica e cuidados durante a operação (TESTEZLAF, 2002). Com isso, a adoção de um método adequado de manejo de irrigação e a utilização de parâmetros específicos devido às peculiaridades do cultivo protegido são necessárias para o êxito financeiro esperado (MOREIRA, 2002).

Devido ao aumento da demanda de água e o uso inadequado dos recursos hídricos para diversos fins, torna indispensável a busca por métodos de irrigação mais eficientes, que minimizem os desperdícios e mantenham a produtividade da cultura (LIMA et al., 2017).

Neste sentido, o sistema de irrigação por gotejamento tem se mostrado um dos mais apropriados, por apresentar vantagens como a economia de água e energia, possibilidade de automação e fertirrigação, além de estar em notável expansão (SOUSA et al., 2011).

Frizzone et al. (2012) relata que a irrigação localizada é caracterizada por aplicar água próximo ou dentro da zona radicular das culturas, com baixa vazão, por tempo relativamente grande, com alta frequência, via sistemas de baixa pressão, ligeiramente acima ou abaixo do nível do solo, podendo ser realizada através de gotejadores. Tais características mantêm uma umidade adequada em um pequeno volume do solo.

Entre as vantagens da irrigação localizada apresentadas por Bernardo et al. (2006), Curtis et al. (1996) e Frizzone et al. (2012) destacam-se:

- Maior eficiência no uso da água,
- Maior produtividade,
- Maior eficiência no controle fitossanitário,
- Adaptação a diferentes tipos de solos e topografia,
- Economia de mão de obra,
- Menores conjuntos motobombas e consumo de energia.

Por sua vez, as principais desvantagens apresentadas por Bernardo et al. (2006) e Frizzone et al. (2012) são:

- Fácil entupimento,
- Distribuição do sistema radicular devido ao volume constante de solo umedecido, tendendo assim a concentrar as raízes dos vegetais.
- Custo inicial mais elevado para implantação do sistema,
- Necessidade de água limpa o que exige eficiente sistema de filtragem.

A irrigação localizada já vem sendo utilizada em cultivos de melissa, como Silva (2011) que avaliou o efeito de combinações de doses de adubação orgânica com biofertilizante comercial e esterco bovino no cultivo de *Melissa officinalis*, irrigada através de gotejadores.

Já Meira et al. (2013) relacionou a produção de biomassa seca e rendimento de óleo essencial, no qual, observou diferentes regimes hídricos (50, 75, 100, 125, 150 e 175% da evapotranspiração de referência) sendo que as plantas que receberam uma irrigação de 75 e 175% da evapotranspiração apresentaram um maior crescimento durante o experimento, e por sua vez, a que recebeu 50% apresentou um menor crescimento.

Por sua vez, Farahani et al. (2009) analisou o desenvolvimento da melissa variando a disponibilidade hídrica em relação a capacidade de campo (100, 80, 60, 40 e 20% da capacidade de campo), encontrando melhores resultados de altura da planta, massa seca de folhas para as plantas que receberam o maior volume de água e os maiores valores de rendimento do óleo para as que recebem os menores volumes de água.

Ozturk et al. (2004) variou o volume de água aplicada para a cultura da melissa focando no déficit hídrico, sendo seus tratamentos de 0; 12,5; 25; 37,5 e 50%, estimadas através de lisímetro de pesagem, no qual obteve os maiores valores de rendimento do óleo essencial para os tratamentos que receberam um volume de água de 50% do volume estimado pela lisímetria de pesagem.

### **2.3 Tratamento Magnético da Água nos Cultivos Irrigados**

Segundo Ali et al. (2014), uma das técnicas que vem mostrando potenciais promissores em diferentes áreas e com grande destaque na área agrícola é a utilização de água tratada magneticamente, devido suas características físico/químicas únicas, tornando-se um composto multifuncional com potencial benefícios no tratamento médico, aplicações industriais e ambientais.

A água magnetizada é um tipo de água que passa por um processo através de um campo magnético constante, formados por ímãs permanentes ou eletroímãs, causando mudanças nas propriedades físicas e químicas da água, como o pH, condutividade elétrica, tensão superficial, solubilidade de sais e minerais (SAMADYAR et al., 2014).

Ao passar a água por um campo magnético, a estrutura da água é convertida em uma estrutura simples, gerando uma força de tensão interfacial de água reduzida. Assim, a água magnetizada é absorvida pelas plantas com maior facilidade, quando comparada com água convencional e causando um aumento no crescimento e desempenho da planta, aumentando e melhorando a absorção de nutrientes e minerais solúveis na solução do solo (XIAO-FENG & BO, 2008).

Conforme Ran et al. (2009) apresenta em seu estudo, ao passar a água convencional através de um campo magnético, a estrutura da água é convertida em uma estrutura simples, no qual, seus clusters são realinhados de maneira ordenada e menores, ocorrendo o aumento do número de moléculas de água na unidade de volume. Estes pesquisadores acreditam que a irrigação com a água magnetizada aumenta a absorção de minerais e nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, aumentaria o crescimento e rendimento.

Harari e Lin (1989) realizaram estudos no crescimento de melões, no qual, seus resultados apontaram que o tamanho, o número de frutos e o conteúdo de açúcar nos melões irrigados com água tratada magneticamente foram significativamente maiores do que aqueles irrigados com água convencional.

Reina e Pascual (2001a; 2001b) em seus estudos sobre o efeito do campo magnético na água para a irrigação de sementes de alface, propõem uma influência do campo magnético sobre a dinâmica de regulação fisiológica das sementes. Os resultados mostraram que houve um aumento da taxa de intumescimento e da quantidade de água absorvida pelas plantas. Concluindo assim, que o fato é explicado através da interação do campo magnético com as correntes iônicas das membranas celulares, as quais alteram as concentrações iônicas e a pressão osmótica em ambos os lados da membrana e, conseqüentemente modificam o mecanismo de permeação da água através desta.

Conforme estudos feitos por Khoshraives et al. (2011), a água magnetizada utilizada na irrigação localizada, resultou em maior umidade do solo quando comparada com a água convencional, podendo a irrigação com água tratada magneticamente ser utilizada para aumentar os intervalos de irrigação. O autor justificou tal comportamento pela modificação na estrutura da molécula da água, tornando-a mais coesa, facilitando a

ligação com as partículas do solo e com isso, penetrando nos microporos do solo e impedindo de se deslocarem para as zonas mais profundas, possibilitando assim, a redução taxa de evaporação e conseqüentemente resultando numa maior umidade no solo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

O presente trabalho foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, localizada a 21°14'00" de latitude sul, 45°00' de longitude oeste e altitude média de 918 metros. A classificação climática da região, segundo Köppen, é do tipo Cwa, caracterizado por clima temperado chuvoso. De acordo com Dantas et al. (2007), em estudo realizado com dados de 1990 a 2014, a maior temperatura média mensal foi de 22,8 °C (fevereiro), a precipitação média anual de 1460 mm e evapotranspiração potencial média anual de 956 mm.

#### 3.2 Ambiente Protegido

O trabalho foi conduzido em ambiente protegido com estrutura metálica e cobertura em arco, comprimento de 15 metros, largura de 7,5 metros (área de 112,5 m<sup>2</sup>) e pé direito de 3,5 metros. O ambiente é coberto com filme de polietileno transparente de baixa densidade de 150 micra de espessura com tratamento anti-UV. As fachadas laterais e frontais, assentadas sobre um rodapé com base de concreto de 0,30 metros de altura, são fechadas com tela de polipropileno, conforme é apresentado na figura 2.

Figura 2 - Estrutura utilizada para a realização do experimento.



Fonte: Do autor (2018)

### 3.3 Instalação experimental

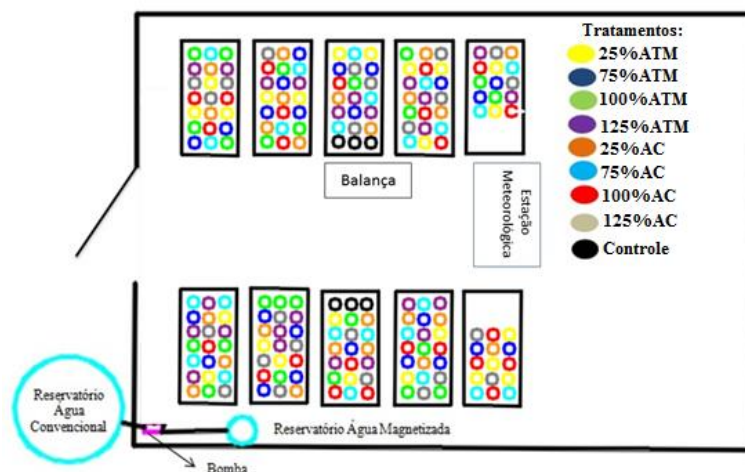
Foram obtidas mudas de melissa verdadeira através da micropropagação a partir de matrizes cultivadas no laboratório de Cultura de tecido do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras.

As mudas foram aclimatizadas e com 10 cm de altura foram transplantadas em vasos de plásticos comercial de formato redondo com capacidade de 13 L preenchidos com dois terços de solo latossolo vermelho de textura média e um terço de areia e esterco bovino curtido (440 gramas).

O esterco bovino curtido foi adicionado devido a estudos como o de Luz (2014), que apresenta em seus resultados que o cultivo de *Melissa officinalis* L. em solo com presença de matéria orgânica gerou resultados positivos em relação à altura e biomassa foliar, sendo assim, o material suporte foi enviado para uma análise de fertilidade química inicial no Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras.

Os vasos foram colocados sobre bancada, sendo utilizado delineamento experimental inteiramente ao acaso para disposição dos tratamentos, conforme figura 3, dentro de ambiente protegido e irrigados aplicando um volume de água até iniciar a percolação, para garantir que todos cheguem inicialmente até a umidade na capacidade de campo antes do plantio.

Figura 3 – Disposição dos vasos nas bancadas e localização do reservatório de água convencional e de água tratada magneticamente, sistema de bombeamento, balança de pesagem e estação meteorológica.



Fonte: Do autor (2018)



Os tratamentos dentro da área experimental constaram de aplicação com dois tipos de água, água convencional e tratada magneticamente combinado com quatro volumes de água definidos por 25%, 75%, 100% e 125% do volume de água evapotranspirado pela cultura, determinado diariamente por lisímetria de pesagem em vasos. A obtenção do tempo de irrigação para o tratamento que recebia 100% da água evapotranspirada é apresentado pela equação 1. Os demais tempos foram calculados por suas frações correspondentes.

$$T = \frac{60 \times V_p}{Q_g} \quad (1)$$

Em que:

T: tempo de irrigação (min);

V<sub>p</sub>: volume a ser irrigado (L);

Q<sub>g</sub>: vazão nominal do gotejador (para esse estudo 4 L.h<sup>-1</sup>).

Foram utilizados quatro repetições por tratamento e cada repetição foi composta por seis vasos com uma planta por vaso, totalizando 192 vasos. Tal quantidade de plantas por repetição foi devido a necessidade de se obter um volume mínimo de massa seca que possibilitasse a extração do óleo essencial. Foram utilizados 6 vasos de controle, sendo 3 para água tratada magneticamente e 3 para água convencional.

O turno de rega adotado foi de dois dias, conforme estudo de Caldas et al. (2017), no qual analisou os diferentes turno de regas relacionando com a taxa de crescimento vegetativo da melissa, onde os melhores resultados foram apresentados na irrigação com turno de rega de dois dias.

O experimento foi conduzido durante 90 dias e o sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento com gotejadores autocompensantes, com um emissor por vaso com vazão de 4 L.h<sup>-1</sup> e pressão de autocompensão de 10 a 40 mca.

### 3.4 Avaliação do Sistema de irrigação

Foram realizadas duas avaliações do sistema de irrigação, no intuito de verificar se o mesmo se encontrava dentro das faixas aceitáveis de funcionamento. A primeira avaliação foi realizada antes do primeiro dia do experimento e a segunda realizada no final do experimento. Para a avaliação foram utilizados 24 coletores, sendo utilizado um para cada emissor, sendo no total avaliado os 192 emissores distribuídos entre os 8 tratamentos. Foi coletado o volume irrigado durante 3 minutos com o auxílio de uma proveta graduada de 250 mL e posteriormente foram determinados os seguintes indicadores de desempenho:

- Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) através da equação 2.

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \times q_m} \quad (2)$$

Em que:

CUC: Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

$q_i$ : volume de cada emissor (mL);

$q_m$ : volume média dos emissores (mL),

n: número de emissores da amostra.

- Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), obtido através da equação 3.

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_m} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

CUD: coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

$q_{25\%}$ : média dos volumes do menor quartil (mL);

$q_m$ : média de todos os volumes (mL).

A partir dos valores obtidos com as equações 2 e 3, o sistema foi classificado segundo os parâmetros de referência propostos por Mantovani (2001) (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores de referência utilizados para classificação do CUC e CUD

CUC (%)	CUD (%)	Classificação
>90	>84	Excelente
80-90	68-84	Bom
70-80	52-68	Razoável
60-70	36-52	Ruim
<60	<36	Inaceitável

Fonte: Mantovani (2001)

### 3.5 Tratamento Magnético da Água

Para a realização da irrigação com água tratada magneticamente, foi utilizado um reservatório de 250 L onde foi adicionado um magnetizador da marca SYLOCIMOL® modelo Residence 1.000 L (Figura 4), sendo ele capaz de magnetizar 1.000 litros de água em 1 hora, no qual, segundo o fabricante, ao submeter a água ao campo magnético do Magnetizador Sylocimol, ocorre a ionização que promove a dissociação da molécula da água,  $H_2O$  em  $OH^-$  e  $H^+$ . A Hidroxila ( $OH^-$ ) reage com os minerais encontrados na água. Isto faz com que suas moléculas se realinhem de tal forma que haja formação de aglomerados de  $H^+$  (forma iônica no meio aquoso) e a formação de Hidróxidos Alcalinos  $Mg(OH)_2$ ,  $Ca(OH)_2$ , reduzindo a dureza da água.

Figura 4 - Magnetizador Sylocimol® Residence.



Fonte: Do autor (2018)

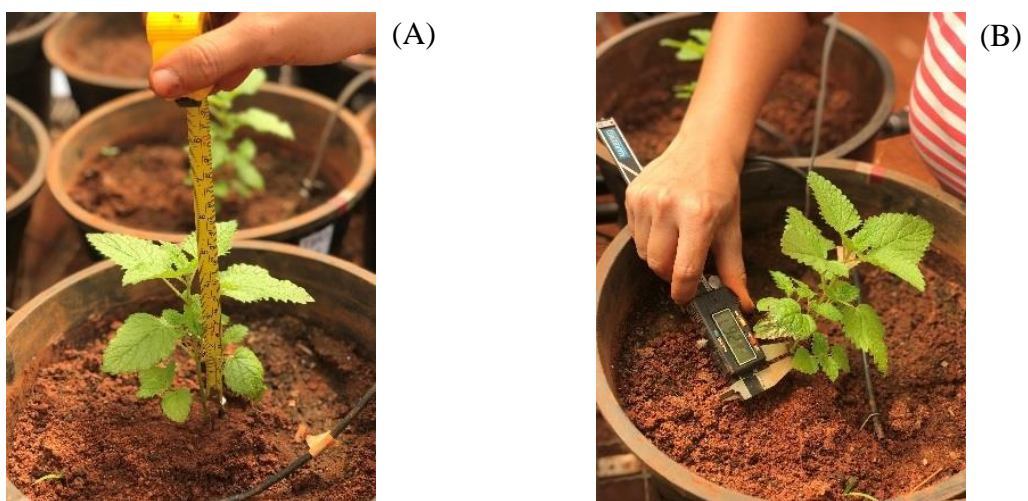
### 3.6 Características Avaliadas

Durante o experimento foram coletados dados de temperatura máxima e mínima do ar e de umidade relativa máxima e mínima do ar, através de uma estação meteorológica instalada no interior do ambiente protegido e posteriormente foi comparado o comportamento desses dados com os obtidos, para o mesmo período, pela estação convencional da cidade de Lavras – MG, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As características de crescimento avaliadas foram a altura da planta, o diâmetro do caule, a massa seca de folhas e a área foliar.

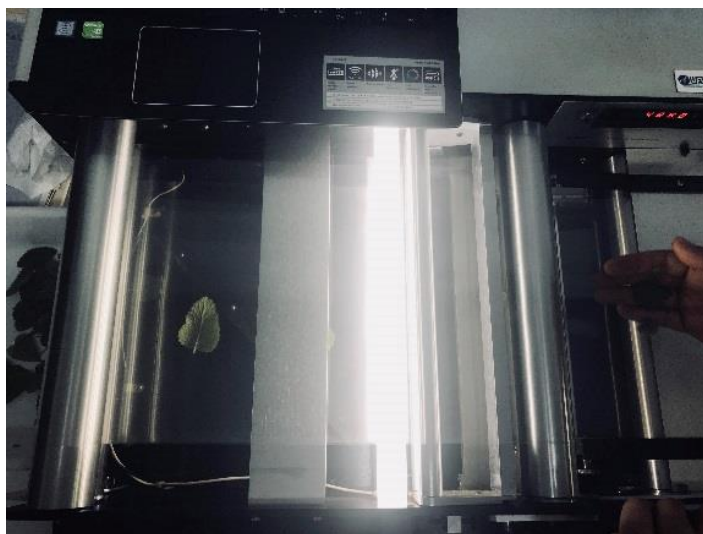
Durante o experimento a altura da planta foi medida do colo até o ápice do ramo de maior crescimento utilizando uma régua graduada em centímetros, a cada 15 dias, gerando assim 6 medições durante o experimento (Figura 5A). Foi determinada a taxa de crescimento através do valor da altura da planta medida dividida pelo número de dias entre as avaliações. O diâmetro do caule da planta também foi medido a cada 15 dias, com um paquímetro digital, gerando 6 medições durante o experimento (Figura 5B). Ao final do experimento, a área foliar total por planta foi medida em quatro plantas representativas de cada tratamento utilizando o integralizador de área foliar modelo LI-3100 (Licor®) (Figura 6).

Figura 5 - Avaliação da altura (A) e diâmetro (B) das plantas.



Fonte: Do autor (2018)

Figura 6 - Determinação da área foliar através do Integralizador Licor® RI-3100.



Fonte: Do autor (2018)

Durante o experimento também foram avaliados a cada 7 dias a condutividade elétrica e o pH da água drenada de três vasos de cada repetição, dos tratamentos irrigados com 125% da evapotranspiração por água tratada magneticamente e convencional, gerando assim 14 avaliações durante todo o experimento (Figuras 7A e 7B).

Figura 7 - Análise de condutividade elétrica (A) e de pH (B) na solução drenada dos vasos.



Fonte: Do autor (2018)

Para a colheita, as folhas de cada planta foram destacadas do caule e acondicionadas em sacos de papel (Figura 8A). Em seguida foram levadas a estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 39 °C até atingir peso constante (Figura 8B).

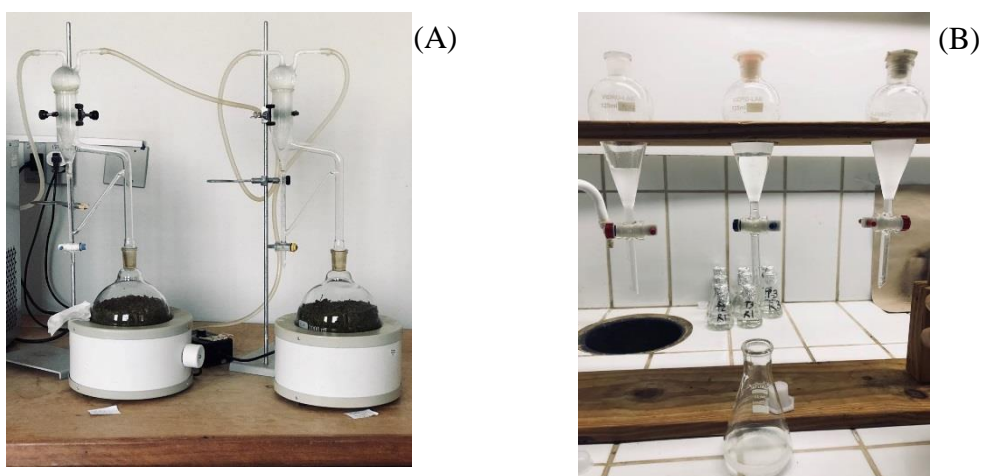
Figura 8 - Folhas e caule antes de serem separados (A) e folhas acondicionadas em sacos de papel na estufa de circulação de ar (B).



Fonte: Do autor (2018)

A extração do óleo essencial de *Melissa officinalis* foi realizada pelo processo de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado (WASICKY, 1963), utilizando-se 60 g de massa seca das folhas (MSF), em 1 L de água destilada por um período de 90 min (Figura 9A). O óleo essencial foi purificado por partição líquido-líquido com diclorometano ( $3 \times 15$  mL). A fase orgânica foi reunida e tratada com cerca de 5 g de sulfato de magnésio anidro durante 30 min (Figura 9B). Após esse período a solução foi filtrada e o solvente evaporado em evaporador rotatório, sob temperatura e pressão controladas.

Figura 9 - Processo de hidrodestilação (A) e Fase orgânica tratada (B).



Fonte: Do autor (2018)

A partir da extração do óleo essencial, foi determinado o rendimento de óleo essencial pela equação 4.

$$R = \frac{MOT}{Ma} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

R: rendimento de óleo essencial (%);

MOT: massa total do óleo extraída da amostra (g de óleo);

Ma: massa seca de folhas utilizado na amostra (sendo esse igual a 60 g no atual trabalho).

Por sua vez, a determinação da produção de óleo essencial por planta foi obtida através da equação 5.

$$Prod = MSF_{\text{médio}} \times R \times 1000 \quad (5)$$

Em que:

Prod: produção de óleo essencial ( $\text{mg.planta}^{-1}$ );

MSF: massa seca de folhas média por planta (g);

R: rendimento de óleo essencial (decimal).

Um dos conceitos que vem desempenhando um papel crucial no setor agrícola moderno, visando avaliar a produção por unidade da água utilizada, tanto em condições de sequeiro como irrigadas é a Produtividade da Água (PA).

Tal conceito atribui um valor específico para a produtividade da água que pode ser utilizado como indicador em tempos e localidades com escassez relativa de água, por exemplo (HALSEMA & VICENT, 2012).

Para a determinação da PA em função da massa seca de folhas e do rendimento do óleo essencial, foram utilizadas as equações 6 e 7.

$$PA_m = \frac{MSF}{AT} \quad (6)$$

Em que:

PA<sub>m</sub>: produtividade da água em relação a massa seca de folhas (g.L<sup>-1</sup>);

MSF: massa seca das folhas (g.planta<sup>-1</sup>);

AT: água total aplicada durante o ciclo (L.planta<sup>-1</sup>).

$$PA_o = \frac{Prod}{AT} \quad (7)$$

Em que:

PA<sub>o</sub>: produtividade da água em relação a produção de óleo essencial (mg.planta<sup>-1</sup>.L<sup>-1</sup>);

Prod: produção de óleo essencial (mg.planta<sup>-1</sup>);

AT: água total aplicada durante o ciclo (L.planta<sup>-1</sup>).

### **3.7 Análise estatística**

A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância dos dados (Teste F) a 5% de significância e quando houve diferença significativa entre os tratamentos, os dados foram submetidos à análise de regressão e ao teste de média (Scott-Knott), pelo programa estatístico SISVAR 5.6 ®.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Instalação do experimento

O transplante das mudas de *Melissa officinalis* para os vasos preenchidos com a mistura descrita no tópico 3.3, foi realizado no dia 12 de março de 2018, onde foram transplantadas 198 mudas (Figura 10A e 10B).

Figura 10 - Muda de *Melissa officinalis* (A) e muda de *Melissa officinalis* sendo transplantada para os vasos preenchidos com dois terço de latossolo, um terço de areia e 440 gramas de esterco curtido bovino(B).



Fonte: Do autor (2018)

Para que ocorresse o pegamento das mudas, foi irrigado manualmente e sem discriminação de volume e tipo de água, sendo utilizada água convencional durante os 10 primeiros dias.

O sistema de irrigação foi instalado entre os dias 12 e 15 de março de 2018, completando assim a montagem do experimento, conforme é apresentado na figura 11.

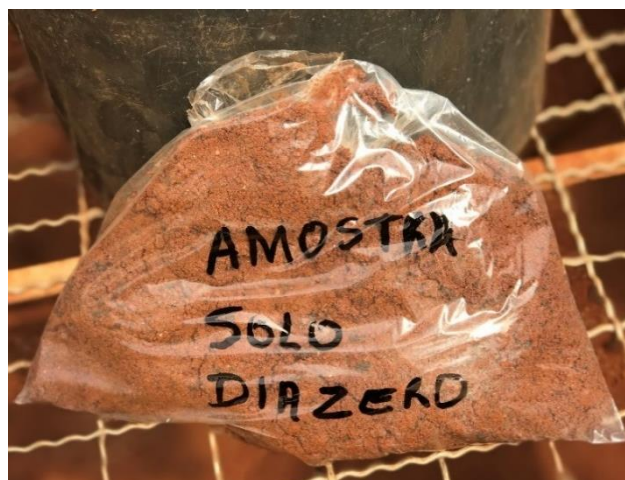
Figura 11 - Bancadas organizadas para o início do experimento.



Fonte: Do autor (2018)

Foi realizada uma análise química inicial da mistura utilizada nos vasos. Utilizou-se uma amostra composta (Figura 12) que foi enviada ao Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras para análise.

Figura 12 - Amostra de Solo do dia zero do experimento enviada para análise.



Fonte: Do autor (2018)

Segundo Luz (2014), o cultivo de *Melissa officinalis* L. em solo com presença de matéria orgânica apresentaram uma maior média de altura, biomassa foliar, além de, um maior favorecimento no desenvolvimento da lâmina foliar. Visto isso, foi realizado a análise de fertilidade química inicial do solo a fim de verificar se mistura utilizada para o

preenchimento dos vasos para o cultivo apresentam matéria orgânica em sua composição. Os resultados são apresentados na tabela 2, na qual é possível constatar a presença de matéria orgânica.

Tabela 2 - Análise da fertilidade química inicial do solo da área experimental. Lavras, MG, 2018

pH	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T
	-----mg/dm <sup>3</sup> ----		-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----						
7,6	191,84	27,05	2,11	0,77	0,05	0,81	3,37	3,42	4,18
<b>V</b>		<b>m</b>		<b>M.O.</b>			<b>P-Rem</b>		
-----%-----				-----dag/Kg----			-----mg/L----		
80,67		1,46		2,67			30,76		

\*pH em água; K, P-extração por Mehlich 1; Ca, Mg, Al- extração por KCL-1 mol/L; H+Al-extrator SMP; SB-soma de base trocáveis; t- Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; T- Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V- Índice de Saturação de Bases; m- Índice de Saturação de Alumínio- M.O.- matéria orgânica; P-Rem- fósforo remanescente.

#### 4.2 Avaliação do Sistema de irrigação

Antecedendo o primeiro dia do experimento, no dia 23 de março de 2018 foi realizado a primeira avaliação de uniformidade do sistema de irrigação e a segunda realizada dia 29 de junho de 2018, no qual os resultados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Resultados obtidos nas duas avaliações do sistema de irrigação para cada um dos tratamentos

Tratamento	Primeira Avaliação		Segunda Avaliação	
	CUC	CUD	CUC	CUD
<b>25%ATM</b>	92%	84%	93%	89%
<b>75%ATM</b>	96%	92%	93%	98%
<b>100%ATM</b>	97%	94%	95%	90%
<b>125%ATM</b>	96%	93%	93%	87%
<b>25%AC</b>	95%	91%	94%	90%
<b>75%AC</b>	96%	92%	93%	88%
<b>100%AC</b>	96%	92%	95%	92%
<b>125%AC</b>	97%	94%	95%	90%

Através dos resultados apresentados na tabela 3 é possível constatar através da classificação apresentada por Mantovani (2001) que todos tratamentos apresentam um valor de CUC e CUD excelente ( $> 90\%$  e  $> 84\%$  respectivamente).

### **4.3 Condições meteorológicas durante o experimento**

Durante o experimento, foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar através da estação meteorológica instalada dentro da casa de vegetação e também coletados dados da estação meteorológica convencional da cidade de Lavras, localizada próxima do local do experimento.

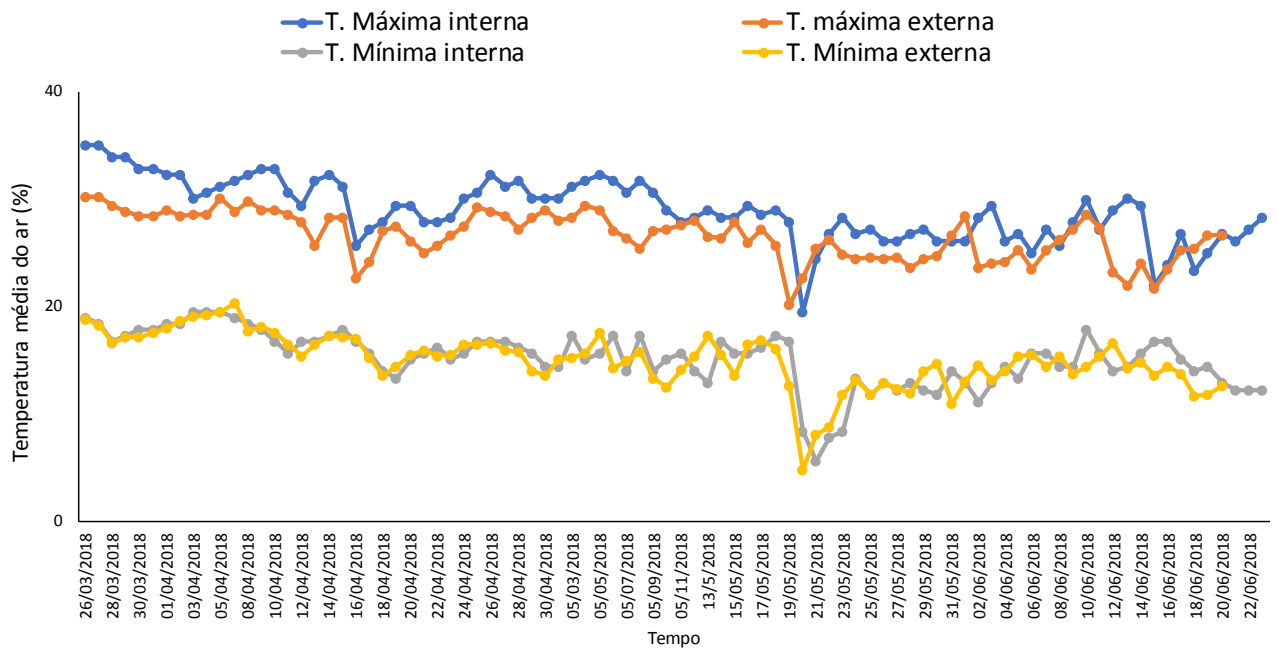
Tratando-se dos valores de temperatura máxima do ar, os maiores valores foram registrados dentro do ambiente protegido, sendo essa situação já esperada devido a ação da cobertura plástica. Os valores de temperatura mínima do ar foram próximos quando comparados com os valores da área externa.

As temperaturas médias do ar obtidas durante o experimento dentro do ambiente protegido foram de  $15,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $28,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sendo a primeira a temperatura mínima média do ar e a segunda a máxima. Já as médias para a parte externa do ambiente protegido foram de  $14,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mínima e máxima respectivamente.

Saeb e Glohamrezaee (2011) apresentam que a melhor faixa de crescimento para a melissa encontra-se com temperaturas do ar entre  $15$  e  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sendo assim, os valores obtidos durante o experimento ficaram dentro de tais limites.

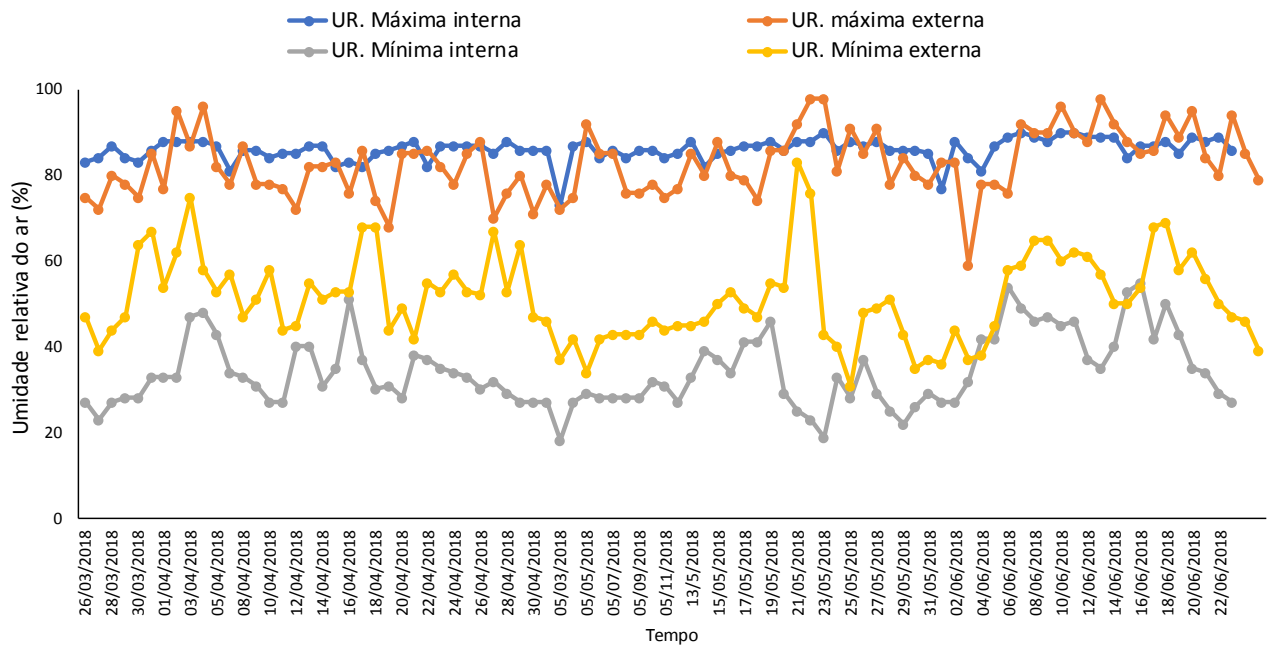
A variação de temperatura máxima e mínima do ar na parte interna e externa da casa de vegetação durante o período do experimento podem ser observadas na figura 13.

Figura 13 - Temperatura máxima e mínima do ar na parte interna do ambiente protegido e na externa ocorrida durante o período do experimento.



Os valores de umidade relativa máxima do ar na parte de dentro do ambiente protegido foram superiores que na parte externa, tendo um valor médio de 86,07% e 82,71% para a área externa. A umidade relativa mínima na parte interna do ambiente protegido apresentou um valor inferior em relação a parte externa, sendo 34,13% e 51,47% respectivamente. Essa diferença de umidade relativa mínima entre a parte interna e externa pode ser explicada, segundo Caldas et al. (2017) pela menor influência de fatores climáticos como vento e principalmente a ausência de chuva dentro do ambiente protegido. A variação da umidade relativa pode ser observada na figura 14.

Figura 14 - Umidade relativa máxima e mínima do ar na parte interna do ambiente protegido e na externa ocorrida durante o período do experimento.

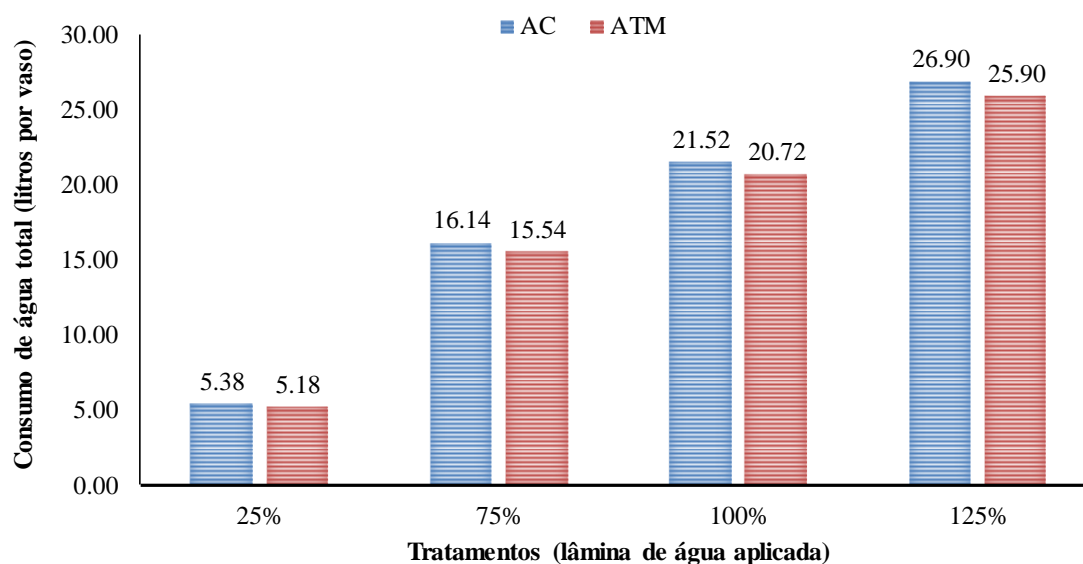


#### 4.4 Consumo de água

Durante os 90 dias de experimento, através da pesagem dos vasos de controle, foi determinado o quanto de água era consumida por estas plantas, e com isso, foram determinados os volumes para cada tratamento, sendo elas 25%, 75%, 100% e 125% do volume aplicado diariamente nas plantas controles.

Na figura 15 é apresentado o volume de água total aplicado no ciclo em cada um dos tratamentos.

Figura 15 - Volume de água aplicada durante todo o ciclo para os tratamentos de água convencional e de água tratada magneticamente

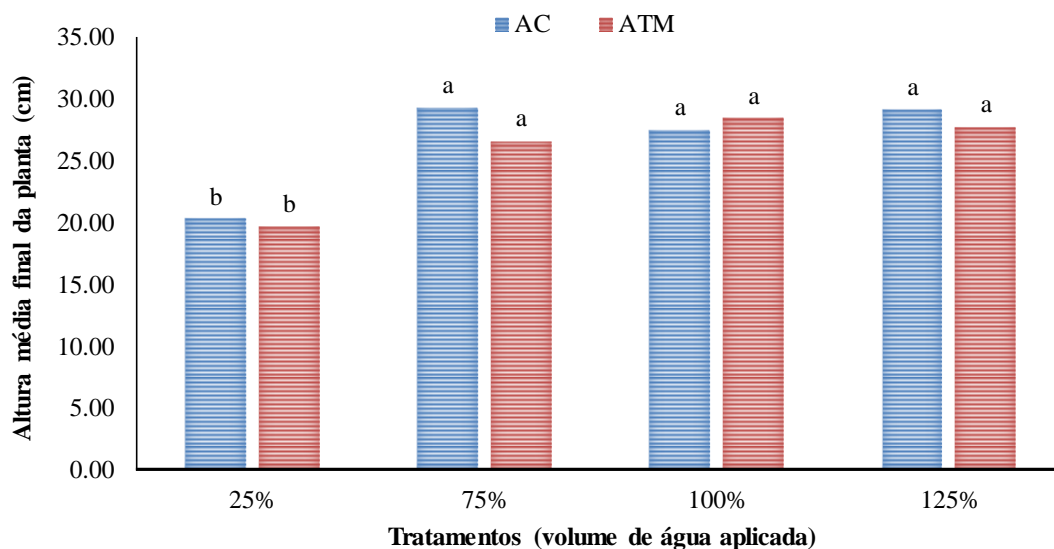


Na figura 15 é possível verificar que o consumo de água entre os tratamentos submetidos a irrigação com água tratada magneticamente foi muito próximo ao consumo de água entre os tratamentos que receberam água convencional, sendo que para os tratamentos que receberam 100% do volume de água convencional evapotranspirada, foi consumido 21,52 litros por vaso durante os 90 dias de tratamento e para os tratamentos que receberam 100% do volume de água tratada magneticamente evapotranspirada, foi de 20,52 litros por vaso, sendo assim, uma diferença de 0.80 litros entre os tipos de água.

#### 4.5 Variáveis de crescimento

Na figura 16 é possível verificar os resultados da avaliação da altura média final da planta para os tratamentos estudados.

Figura 16 - Resultados de altura média final da planta para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada



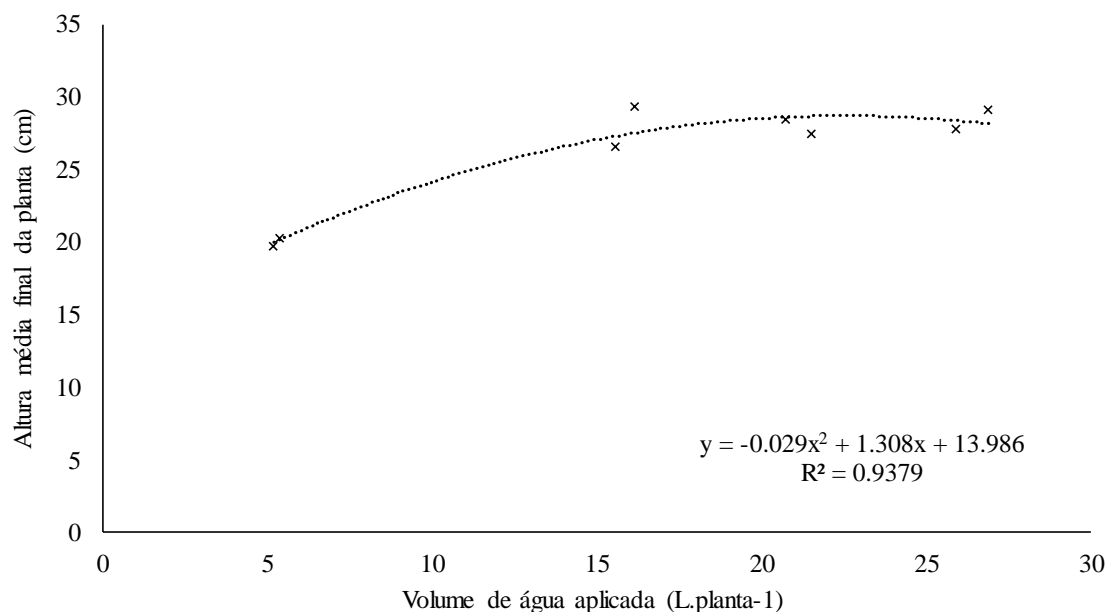
Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

A variável altura média final da planta obteve valores entre 19,71 a 29,33 cm, sendo esses valores submetidos a análise de variância (Teste F) e teste de médias (Scott-Knott) a nível de 5% de significância, onde não apresentaram significância em relação ao tipo de água utilizada, apresentando apenas significância referente a disponibilidade de água aplicada, onde os tratamentos que receberam 25% ETc apresentaram significativamente menores valores que os demais (Figura 16).

Afim de verificar o ajuste da disponibilidade de água aplicada nos tratamentos em relação à altura média final da planta, foi realizada uma regressão, conforme é apresentado pela figura 17.



Figura 17 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável de altura média final da planta em relação com os volumes de água aplicada



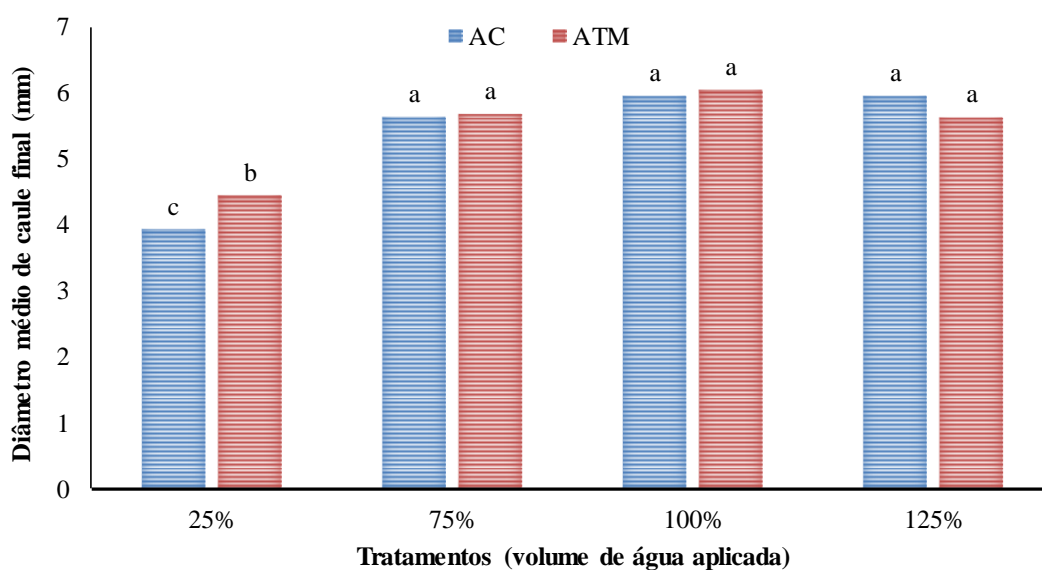
Na figura 17 é possível verificar que ocorreu um bom ajuste entre a variável de altura média final da planta em relação a disponibilidade de água aplicada, com o  $R^2$  de 0,9379 através da regressão polinomial de segundo grau.

Meira et al. (2013) constatou sob diferentes regimes hídricos (50%, 75%, 100%, 125%, 150% e 175% da evapotranspiração de referência) a influência do crescimento vegetativo das plantas em cada tratamento, sendo as plantas que receberam uma irrigação de 75% e 175% da ETc apresentaram os maiores crescimento durante o experimento e a de 50% apresentou o menor crescimento.

Farahani et al. (2009) também obtiveram resultados semelhantes ao presente trabalho, onde em seu estudo analisaram o comportamento da Melissa para regimes de estresse hídrico (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da capacidade de campo) e obtiveram os maiores valores de altura para as culturas que receberam maior volume de água aplicada (100% da capacidade de campo) e os menores valores de altura para as plantas que receberam o menor volume de água (20% da capacidade de campo).

Os resultados de diâmetro médio final de caule são apresentados pela figura 18.

Figura 18 - Resultados de diâmetro médio de caule final para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada

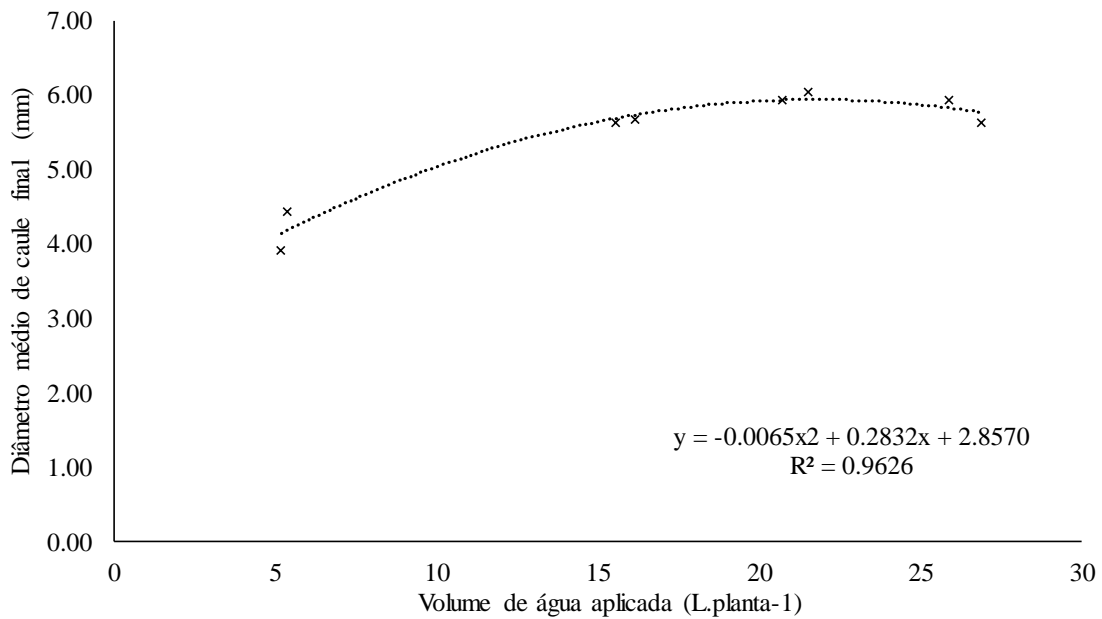


Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

A partir da figura 18 é possível verificar que ocorreu significância na variável de diâmetro médio de caule final através da análise de variância (Teste F), sendo através do teste de média (Scott-Knott) constatado que tratamento de 25% da ETc que recebeu água convencional apresentou significância a nível de 5% em relação ao tratamento irrigado com o mesmo volume de água tratada magneticamente.

Como houve apenas distinção quanto ao tipo de água em um dos volumes aplicados (25% da evapotranspiração da cultura), optou-se por uma análise de regressão sem fazer a distinção do tipo de água. O gráfico de regressão relacionando a disponibilidade de água em relação ao diâmetro médio de caule final é apresentado pela figura 19.

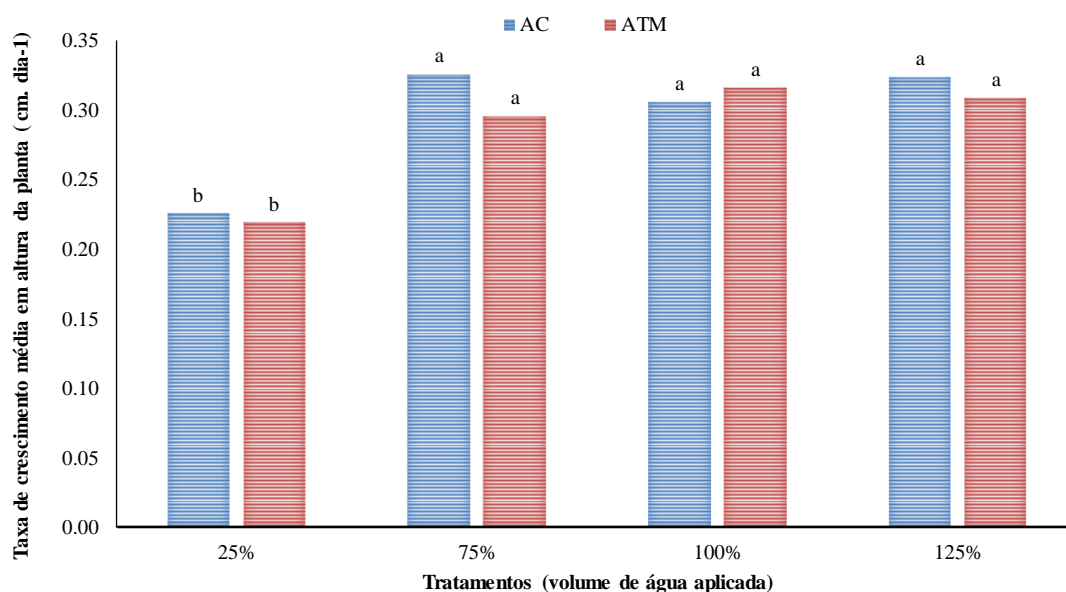
Figura 19 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável de diâmetro médio de caule final em relação com os volumes de água aplicada



Referente a análise de regressão relacionando a variável de diâmetro médio de caule final com o volume de água aplicado, é possível verificar que esta apresentou um bom ajuste com um  $R^2$  de 0,9626 para a regressão polinomial de segundo grau.

A partir dos dados de altura da planta, foi determinado a taxa de crescimento média em altura da planta entre os tratamentos para os 90 dias de cultivo, sendo apresentado seus resultados pela figura 20.

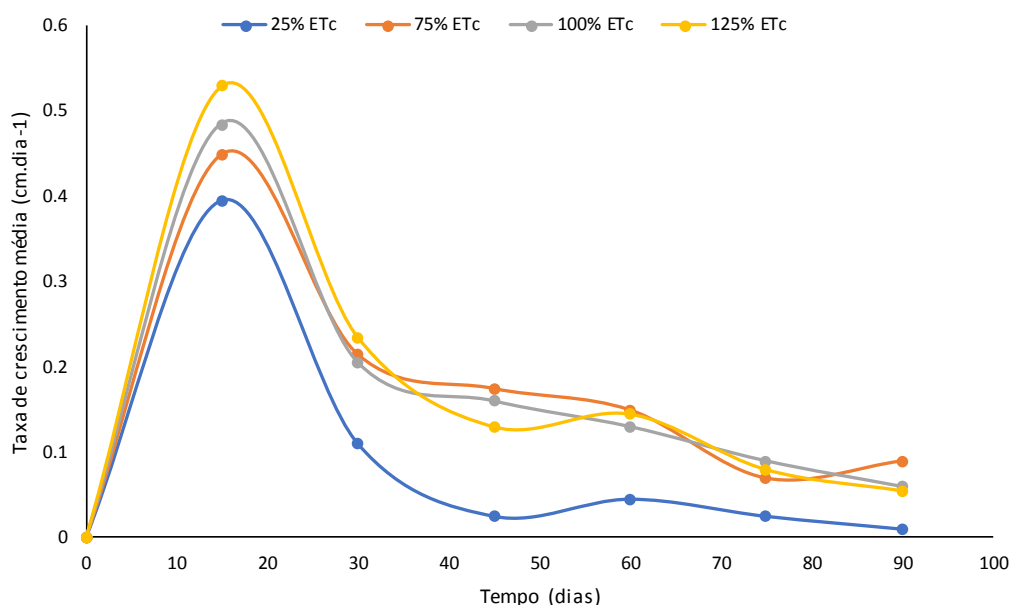
Figura 20 - Resultado de taxa de crescimento média em altura da planta para os tratamentos estudados durante todo do ciclo da cultura, referente aos 90 dias de cultivo



Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$

É possível verificar na figura 20 que o tipo de água não apresentou significância a nível de 5% através da análise de variância (Teste F), apresentando apenas significância referente ao volume de água aplicado, onde os tratamentos irrigados com 25% da ETC apresentaram valores inferiores aos demais. Sendo assim, a figura 21 apresenta o comportamento da taxa de crescimento média em relação a altura da planta para durante todo o ciclo de cultivo em relação a disponibilidade de água aplicada.

Figura 21 - Taxa de crescimento média em altura da planta por discriminação do volume de água aplicada



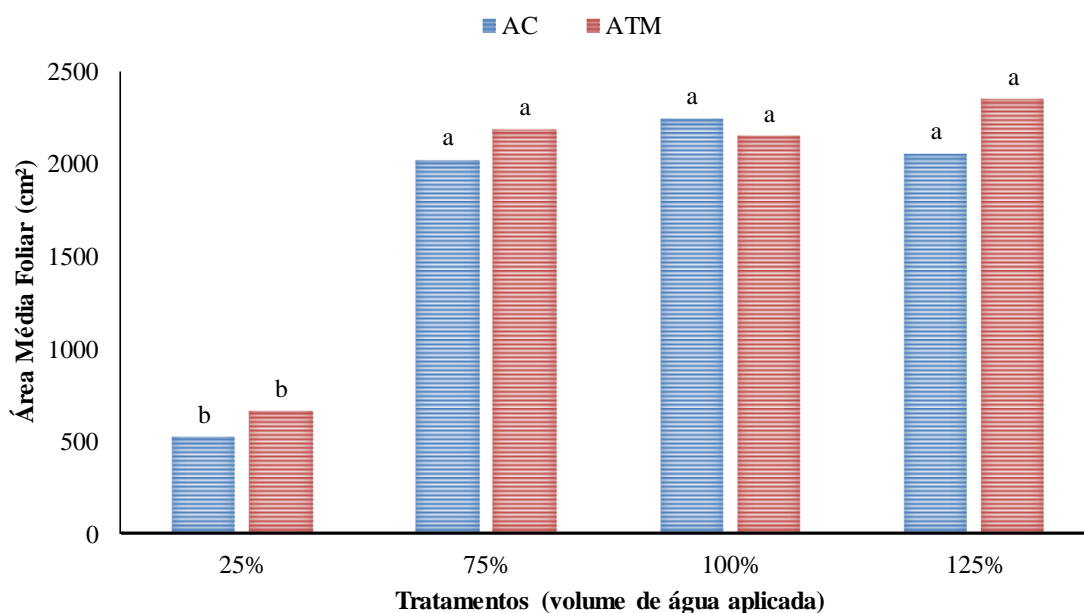
Como é possível visualizar pela figura 21, o maior pico de crescimento da cultura se deu nos primeiros 15 dias de experimento, para todos os tratamentos. Após esse período, a taxa de crescimento média em altura tem uma grande queda, com destaque para os tratamentos irrigados com 25% da ETC, que apresentam uma diminuição mais acentuada quando comparada aos demais tratamentos.

Os tratamentos que receberam um volume de água de 75%, 100% e 125% da ETC apresentaram um comportamento muito semelhante durante os período de análise. Tal relação é confirmada pelos testes estatísticos no qual foram submetidos, sendo que, em grande parte das avaliações, não apresentaram significância. O contrário ocorre com os tratamentos de 25% da ETC, onde o teste estatístico apresentou significância aos demais.

#### 4.6 Área Foliar

Para a determinação da área média foliar, foram utilizadas uma planta aleatoriamente de cada repetição, totalizando quatro plantas por tratamento submetidas a análise de área foliar ao final do ciclo de cultivo, através do integralizador de área foliar modelo LI-3100 (Licor®), sendo os resultados apresentado na figura 22.

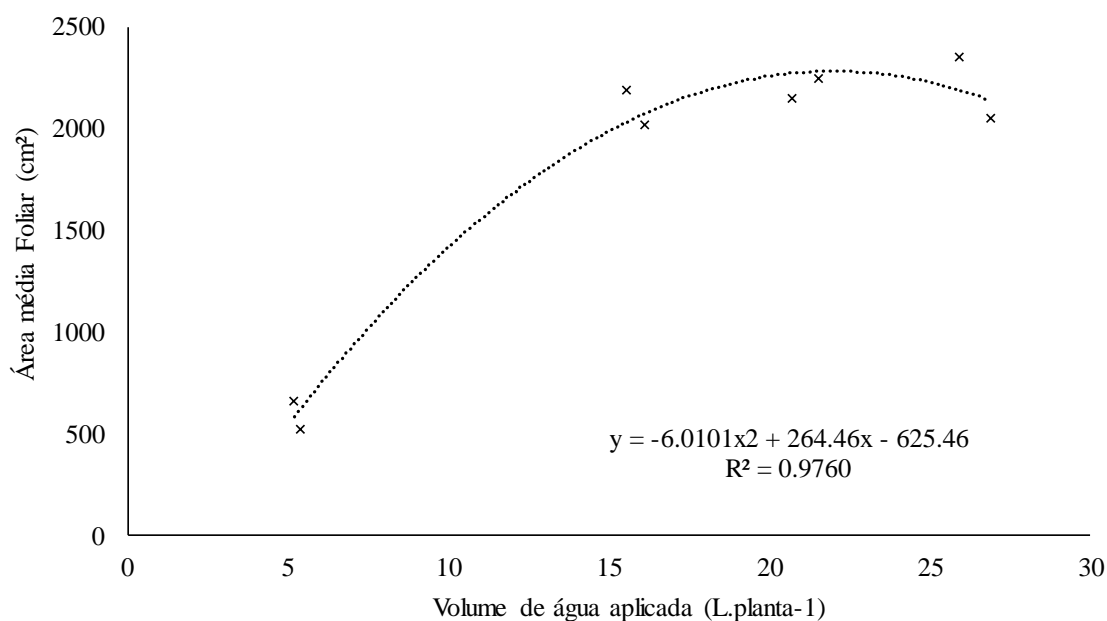
Figura 22 - Resultados de área média foliar obtida ao final do ciclo para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada



Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

Na figura 22 é possível verificar, através da análise da variância (Teste F), que não ocorreu influência do tipo de água aplicada na variável área foliar, apresentando influência significativa apenas quanto ao volume de água aplicada, onde foi possível verificar que apenas os tratamentos que receberam um volume de 25% da Etc apresentaram significância ao nível de 5% pelo teste de média (Scott-Knott) aos demais tratamentos. Com isso, foi realizado a análise de regressão a fim de verificar o ajuste da variável área foliar em relação a disponibilidade de água aplicada, sendo apresentado pela figura 23.

Figura 23 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável de área média foliar em relação com os volumes de água aplicada



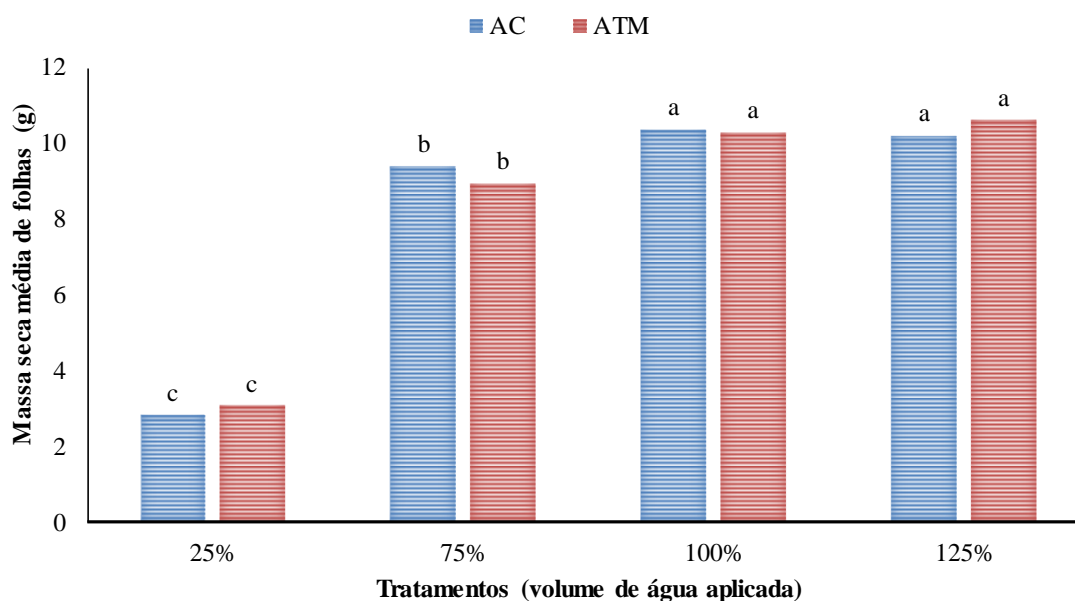
Na figura 23 é possível verificar que a regressão polinomial de segundo grau da variável área média foliar em relação ao volume de água aplicada obteve um bom ajuste, apresentando um  $R^2$  de 0,9760.

Um dos motivos da ocorrência dessa diferença acontecer apenas para os tratamentos que receberam 25% da água evapotranspirada pode ser devido ao estresse hídrico causado. Taiz e Zeiger (2009) relatam que o estresse induz à redução do número de folhas, conseqüentemente, a diminuição da área foliar, sendo essa uma estratégia de sobrevivência para reduzir a perda de água por transpiração. Assim, há uma redução na taxa fotossintética e, com isso, um menor crescimento da planta, como foi possível também constatar nesse estudo.

#### 4.7 Massa seca de folhas

Os resultados de massa seca de folhas média por tratamento é apresentado pela figura 24.

Figura 24 - Resultados de massa seca média de folhas para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada



Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

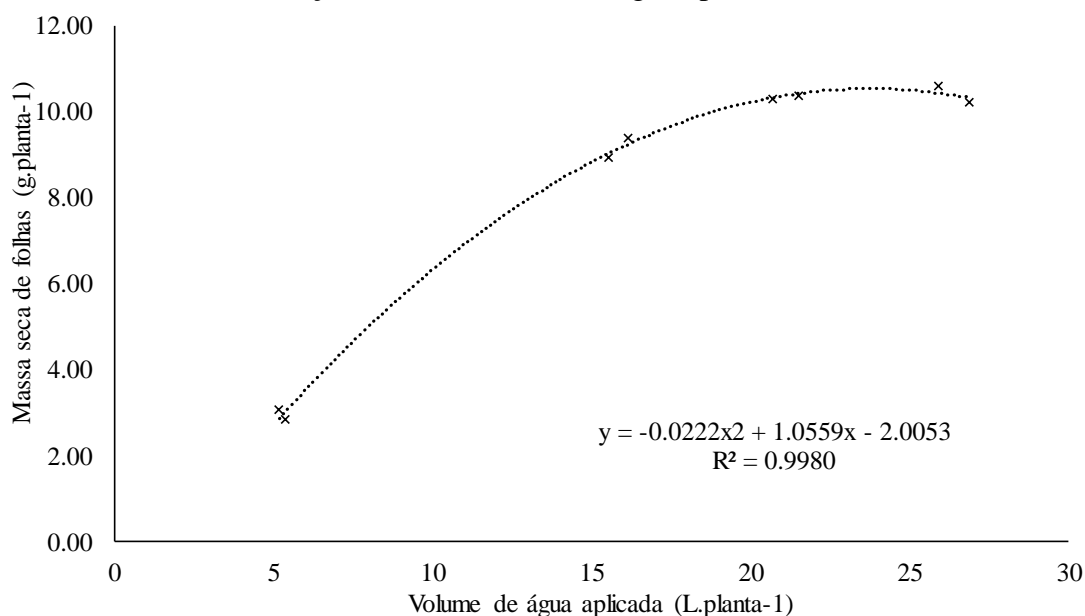
Foi possível notar pela análise de variância (Teste F, Figura 24) e teste de média (Scott-Knott), que não houve influência significativa entre os tipos de água aplicada e somente da quantidade de água aplicada.

Os valores de massa seca de folhas apresentados pela figura 24 evidenciam a maior produção de massa seca de folhas nos maiores volumes de água aplicados. Outros estudos como o de Meira et al. (2013) e Farahani et al. (2009), também obtiveram maiores valores de biomassa seca para a cultura da melissa nos tratamentos que receberam maiores volumes de água, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

A fim de verificar o ajuste da variável massa seca de folhas em relação a quantidade de água aplicada, foi realizado a análise de regressão sendo apresentado pela figura 25.



Figura 25 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável massa seca de folhas em relação com os volumes de água aplicada.



Foi possível verificar que o volume de água aplicada influenciou na produção de massa seca de folhas que é um dos principais componentes de produção. Observou-se um crescimento na produção de biomassa até o tratamento que recebeu 100% da ETc. Não foi observado diferença estatísticas entre os tratamentos que receberam 100 e 125% da ETc..

Através da análise de regressão, foi verificado que o volume de água aplicado obteve um bom ajuste em relação a massa seca de folhas, apresentando um  $R^2$  de 0,9980 para a regressão polinomial de segundo grau (Figura 25).

Meira et al. (2013) obtiveram valores de massa seca entre 2,39 a 7,16 g, em que os menores valores foram obtidos para as culturas que receberam os menores volumes de água (50% da ET0) e os maiores valores para as culturas que receberam os maiores volumes de água (175% da ET0). Através da análise de regressão, o autor obteve um  $R^2$  de 0,931 para regressão linear. Comparando com o presente estudo, é possível notar que os valores obtidos por Meira et al. (2013) foram inferiores, mesmo apresentando tratamentos com maior volume de água aplicada.

Lopes et al. (2011) relatam que embora o desenvolvimento da cultura sob diferentes volumes de irrigação tenha apresentado o mesmo comportamento obtido nesse estudo, em que a maior produção de massa seca foi obtida através dos maiores volumes de água aplicadas, deve-se atentar para a irrigação de culturas da família Lamiaceae, a

fim de não onerar o custo de produção, visto que a água é um bem de custo elevado e que sua aplicação em excesso, além de não ser fator limitante para a espécie, como a alta temperatura, acarretará maiores perdas tanto por evaporação quanto por percolação, além de poder reduzir a produção de óleo essencial.

#### 4.8 Condutividade elétrica e pH

Na tabela 4 são apresentados os valores de condutividade elétrica e pH dos tratamentos irrigados com água tratada magneticamente (ATM) e água convencional (AC), ambos com volume de aplicação de 125% da evapotranspiração devido à ausência de solução drenada pelos demais tratamentos analisados.

Tabela 4 - Resultados semanais de condutividade elétrica média e pH médio para os tratamentos com volume de 125% ETC com água tratada magneticamente (ATM) e água convencional (AC)

<b>Dia</b>	<b>Condutividade ATM</b>	<b>Condutividade AC</b>	<b>pH ATM</b>	<b>pH AC</b>
0	13 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>
7	11 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	7,9 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>
14	8 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
21	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
28	8 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>
35	5 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup>
42	4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	7,1 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>
49	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
56	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>
63	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>
70	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>
77	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>
83	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>
90	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>
Média geral	4,82	4,83	7,6	7,7

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

Nos resultados apresentados na tabela 4, referente a condutividade elétrica do volume drenado dos tratamentos irrigados com 125% da ETc, podemos verificar que os valores foram diminuindo ao longo do tempo, situação essa que pode ter ocorrido devido a lixiviação de nutrientes ao longo das irrigações e também pela própria redução de nutrientes do meio causado pelo consumo dos mesmos pela planta. É possível verificar que não houve uma diferença significativa pelo Teste F ao nível  $\alpha$  5% de significância, onde para a solução drenada do tratamento irrigado com água magnetizada obteve uma condutividade elétrica média de 4,82 (100  $\mu$ S) e para o tratamento irrigado com água convencional obteve um valor médio de 4,83 (100  $\mu$ S). Estudos como de Mendonça (2008) mostraram que a condutividade elétrica também não apresentou diferença significativa em relação a água convencional e a água tratada magneticamente quando aplicadas a cultura de alface. Maheshwari e Grewal (2009) em seu estudo também não observou diferença significativa da condutividade elétrica da água convencional aplicada a um campo magnético utilizada na irrigação de ervilhas e aipo, quando comparada a água convencional sem magnetização.

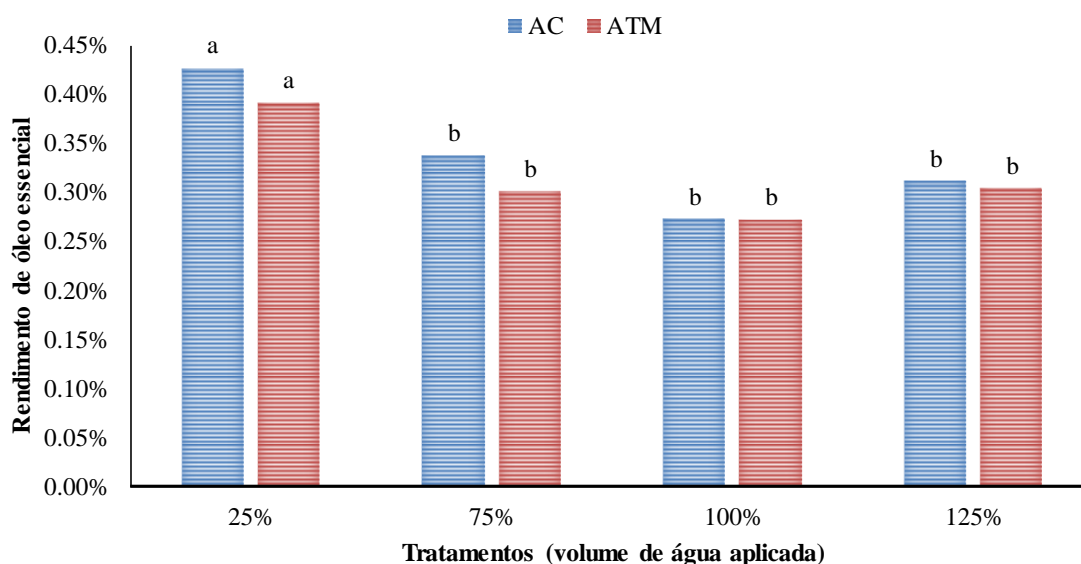
Os resultados apresentados na tabela 4 mostram que não ocorreu uma diferença significativa de pH da solução drenada dos vasos irrigados com água magnetizada e com a água convencional, onde para a solução drenada do tratamento irrigado com água magnetizada obteve-se um pH médio de 7,6 e para o tratamento irrigado com água convencional obteve um pH médio de 7,7. Estudos como de Generoso (2016) obtiveram a mesma resposta, onde em seu experimento não foi observado diferença significativa para os valores de pH da água deionizada, destilada, tratada convencionalmente (torneira) e mineral que foram submetidas a um campo de magnetização. Maheshwari e Grewal (2009) observaram uma tendência de redução, porém sem diferença significativa no valor do pH da água convencional aplicada a um campo magnético, quando comparadas à água convencional não submetidas a aplicação do campo magnético no uso da irrigação em ervilhas e aipo, corroborando com os resultados apresentados pela tabela 4.

#### **4.9 Rendimento e Produção de óleo essencial**

Através do processo de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado (WASICKY, 1963), apresentado no tópico 3.6, foi realizada a extração do óleo essencial

e o seu rendimento obtido pela a equação 4, sendo seus resultados apresentados na figura 26.

Figura 26 - Resultados de rendimento de óleo essencial folhas para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada

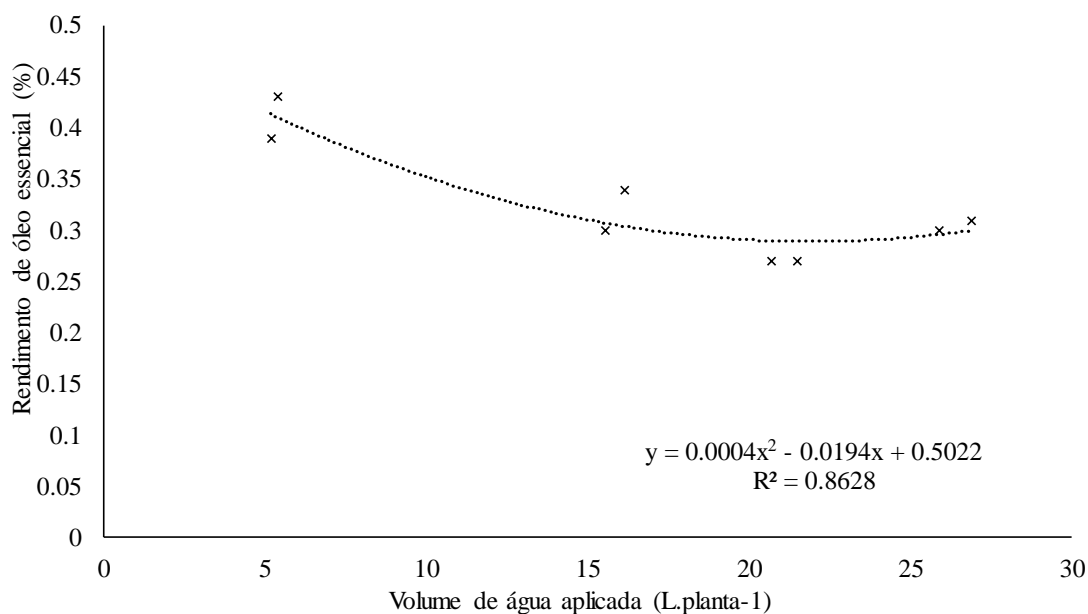


Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

Conforme é apresentado na figura 26, é possível verificar que os maiores rendimentos foram obtidos para os tratamentos irrigados com o menor volume de água, onde o maior rendimento de óleo essencial foi obtido no tratamento irrigado com 25%, com um rendimento médio de 0,41%.

Ao submeter os resultados ao Teste F e ao teste Scott- Knott, verificou-se que o tipo de água aplicada não apresentou significância na variável rendimento de óleo essencial, apenas a disponibilidade de água influenciou no rendimento do óleo, onde os tratamentos irrigados com 25% da ETc apresentaram maiores valores de rendimento, com significância a nível de 5%. Visto isso, foi realizado a análise de regressão a fim de verificar o ajuste da variável em relação ao volume de água aplicada, apresentado pela figura 27.

Figura 27 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável rendimento de óleo essencial em relação com os volumes de água aplicada.



Conforme é apresentado pela figura 27, é possível verificar que a variável rendimento de óleo essencial apresentou um bom ajuste em relação ao volume de água aplicado, com um  $R^2$  de 0,8628 para a regressão polinomial de segundo grau.

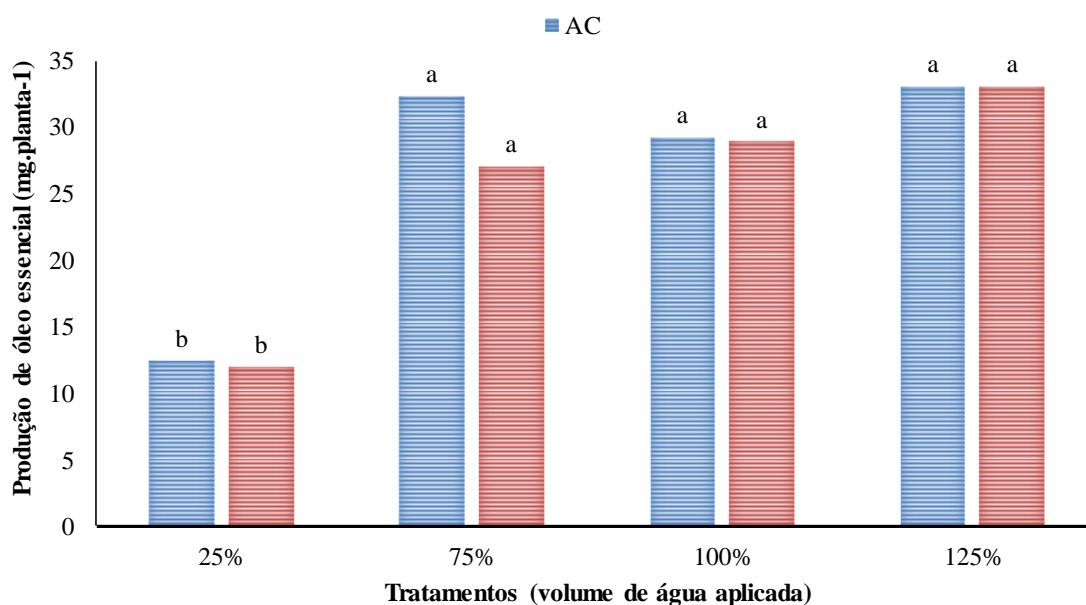
Estudos que avaliaram a relação do volume de água aplicada com o rendimento de óleo essencial, como Meira et al. (2013), obtiveram resultados semelhantes, onde os maiores rendimentos de óleo foram obtidos nos tratamentos irrigados com o menor volume de seu experimento, sendo de 50% da ET0.

Farahani et al. (2009) também obtiveram os maiores valores de rendimento do óleo essencial para os tratamentos que receberam o menor volume de água aplicada (20% da capacidade de campo), apresentando um rendimento médio de 0,3013%.

Ozturk et al. (2004) obteve os maiores valores de rendimento do óleo essencial variando de 0,12% a 0,16%, sendo o maior valor encontrado para o tratamento irrigado com 50% da ETc.

Por sua vez, através da equação 5, foi possível obter a produção de óleo essencial por planta para os tratamentos analisados, sendo esses apresentados pela figura 28.

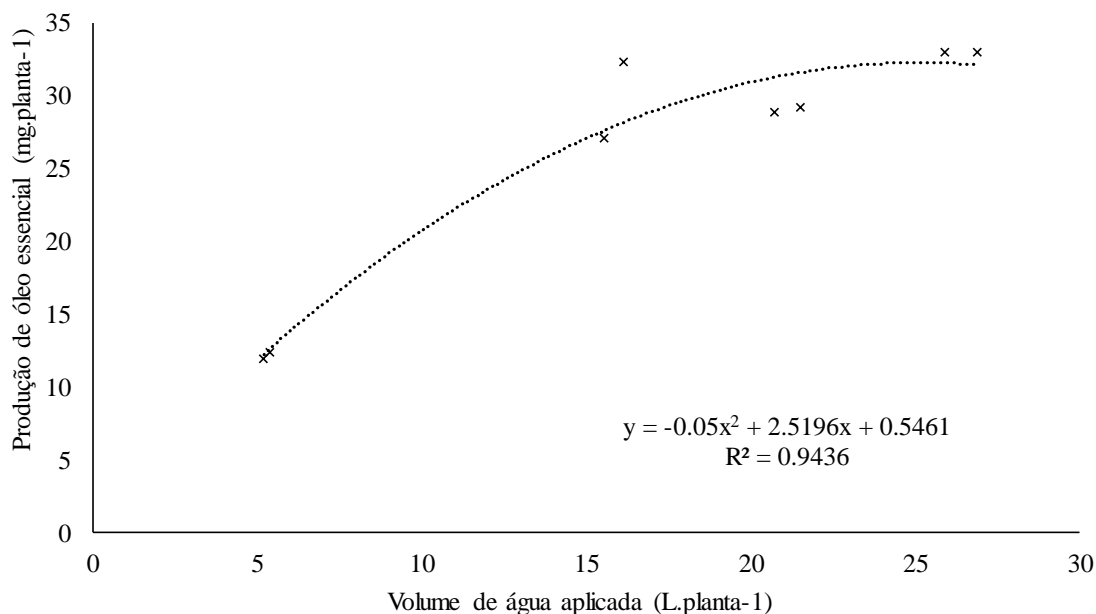
Figura 28 - Resultados de produção de óleo essencial para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada



Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

Os dados de produção de óleo essencial apresentados pela figura 28 mostram que o tipo de água não apresentou significância em relação a variável de produção de óleo essencial, através do Teste F e do teste de Scott-Knott, a nível de 5% de significância. Somente os tratamentos irrigados com 25% da ETc apresentaram significância aos demais tratamentos, sendo assim realizado análise de regressão apresentada pela figura 29.

Figura 29 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável produção de óleo essencial em relação com os volumes de água aplicada



A partir da figura 29, é possível verificar que a variável de produção de óleo essencial apresentou um bom ajuste em relação ao volume de água aplicado, com um R<sup>2</sup> de 0,9436 para a regressão polinomial de segunda ordem.

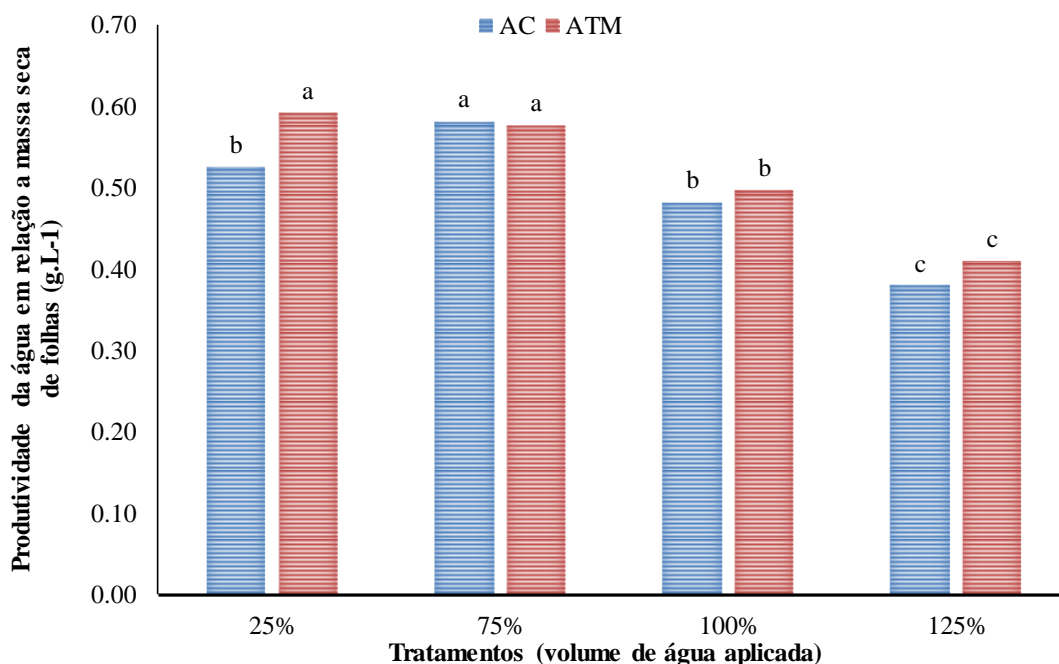
Relacionando com os resultados da figura 26, pode-se notar que, os tratamentos que recebam o menor volume de água apresentem um maior rendimento do óleo, porém, a produção de óleo essencial apresenta um comportamento inverso, onde as maiores produções de óleo essencial foram obtidas para os tratamentos de 75%, 100% e 125%.

Tal comportamento também foi constatado por Farahani et al. (2009) em que obtiveram os maiores valores de produção do óleo essencial da melissa para os tratamentos de 60% e 40% da capacidade de campo e os menores valores para o tratamento que apresentou o maior rendimento de óleo essencial (20% da capacidade de campo).

#### 4.10 Produtividade da água

Com a determinação da produção de massa seca de folhas e a produção de óleo essencial, para cada tratamento, foi possível determinar a produtividade da água pelas equações 6 e 7 apresentados no tópico 3.6 e seus resultados são apresentados pelas figuras 30 e 32.

Figura 30 - Resultados da produtividade da água em relação a massa seca de folhas para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada



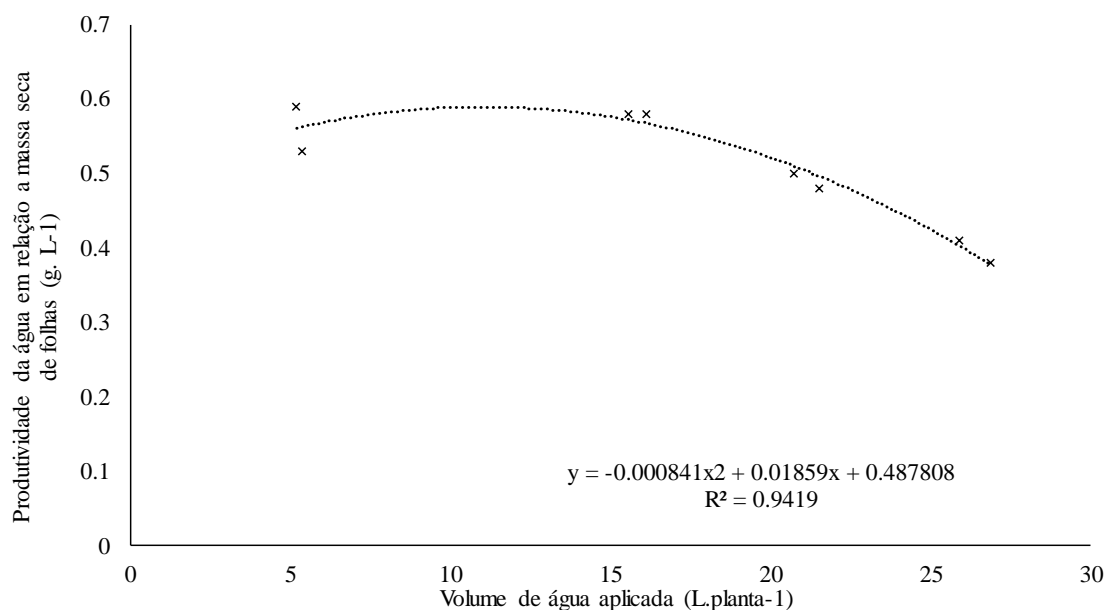
Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

A partir dos resultados apresentados na figura 30, é possível verificar, através da análise da variância (Teste F) e o teste de médias (Scott-Knott) a nível de 5% de significância, que o tipo de água influenciou a produtividade da água em relação a produção de massa seca de folhas, sendo o tratamento de 25% ETc irrigado com água convencional apresentando valor inferior significativamente do valor obtido para o tratamento irrigado com 25% ETc de água tratada magneticamente.

Afim de verificar o comportamento do volume de água aplicado em relação a variável de produtividade da água na massa seca de folhas, foi realizado a regressão, sendo apresentado pela figura 31.



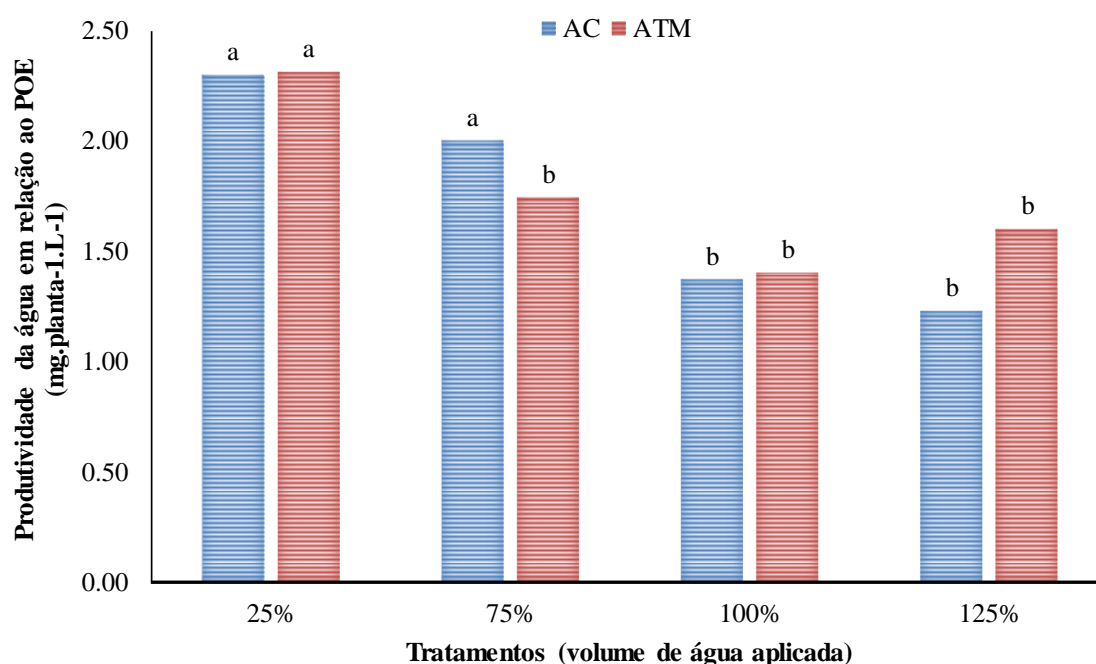
Figura 31 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável produtividade da água para a massa seca de folhas em relação com os volumes de água aplicada



Na figura 31 é possível verificar que ao aumentar o volume de água aplicado os valores de produtividade da água em relação a produção de massa seca das folhas diminuí, sendo que os tratamentos que receberam 75% da ETc e o tratamento que recebeu 25% de água tratada magneticamente apresentaram valores superiores aos demais, e os tratamentos 25% AC e de 100% foram superiores aos tratamentos de 125%. A partir da regressão polinomial de segundo grau, foi verificado um bom ajuste entre a variável de produtividade da água para produção de massa seca de folhas em relação ao volume de água aplicado, com um  $R^2$  de 0,9419.

Os dados de produtividade da água em relação a produção de óleo essencial são apresentados na figura 32.

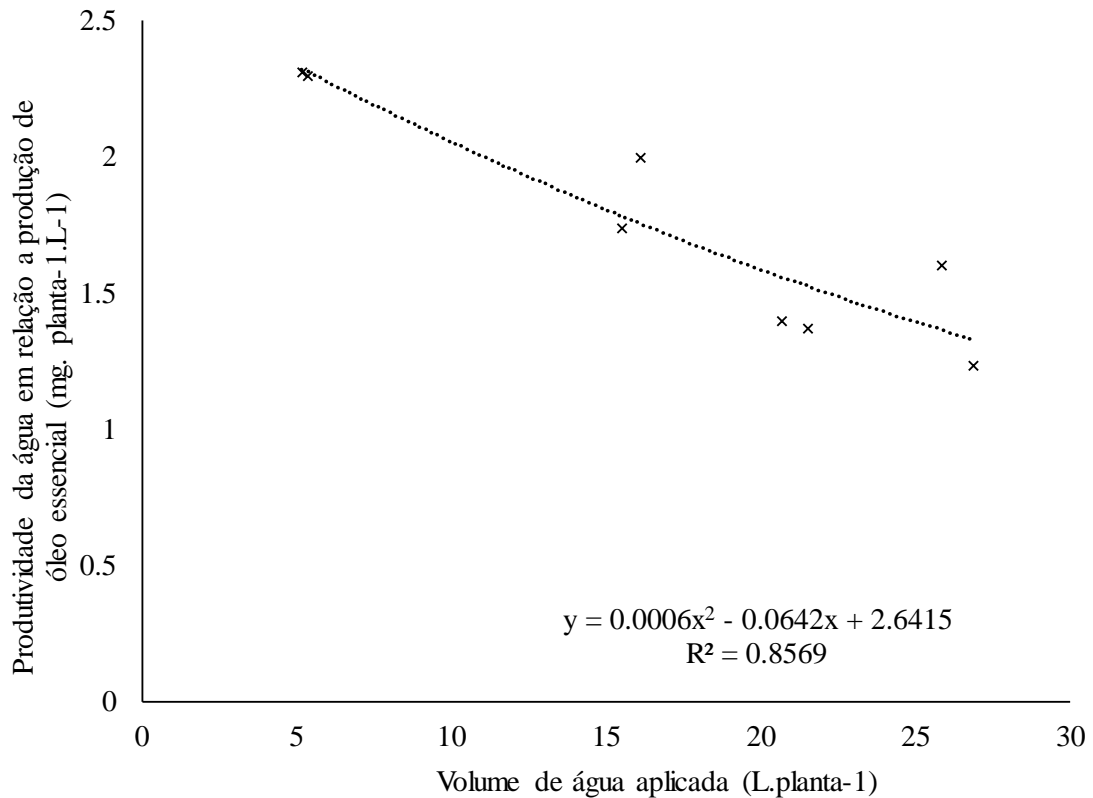
Figura 32 - Resultados da produtividade da água em relação a produção de óleo essencial para cada um dos volumes de água aplicada e tipo de água utilizada



Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott, ao nível  $\alpha=0,05$ .

Na figura 32 é possível verificar que a variável produtividade da água em relação a produção de óleo essencial sofreu influência significativa, através do Teste F e do teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância, em que para o tratamento irrigado com 75% ETc com água tratada magneticamente apresentou significância quando comparado com o tratamento irrigado com 75% ETc com água convencional. Para os demais tratamentos não houve significância referente ao tipo de água utilizado e somente para o volume aplicado, sendo assim submetidos os dados para análise de regressão, apresentado pela figura 33.

Figura 33 - Regressão polinomial de segunda ordem para a variável produtividade da água para a produção de óleo essencial em relação com os volumes de água aplicada



Através da regressão polinomial de segundo grau, foi possível verificar que o comportamento da variável de produtividade da água para a produção do óleo essencial em relação ao volume de água aplicado diminui a medida que se aumenta o volume de água aplicada, podendo verificar que os valores obtidos para os tratamentos irrigados com 25% ETc (AC e ATM) e 75% (AC) apresentaram valores superior aos demais tratamentos. A variável obteve um bom ajuste, apresentando um  $R^2$  de 0,8569 (Figura 33).

Tais valores se justificam devido ao rendimento de óleo essencial da melissa serem relativamente muito pequenos, conforme mostra Paviani (2004) e com o aumento do volume de água aplicada, os valores de produtividade da água em relação ao rendimento do óleo essencial tendem a diminuir, gerando assim, maiores valores para os menores volumes de aplicação.

É de grande interesse realizar estudos como esse, no intuito de encontrar formas de obter a maior produtividade da cultura em relação a água aplicada, como vários autores citam “mais colheita por gota” (GIORDANO et al., 2006), visando assim maximizar o volume de água aplicada em relação ao produto final.

Com isso, através dos resultados obtidos em relação a produtividade da água em relação a massa seca de folhas e de produção de óleo essencial, podemos verificar que o tratamento de 75% da ETc irrigada com água convencional apresentou melhores resultados no geral.

## **5. Conclusão**

Levando em consideração os resultados obtidos, a lâmina mais indicada em termos de produtividade da água, foi obtida para o tratamento de 75% da ETc irrigado com água convencional.

O tipo de água não apresentou significância na solução drenada analisada para os parâmetros de pH e condutividade elétrica.

Com isso, não foi aceita a hipótese inicial do presente estudo.

## 6. Referências Bibliográficas

ALI, Y., SAMANEH, R., KAVAKEBIAN, F. Applications of Magnetic Water Technology in Farming and Agriculture Development: A Review of Recent Advances. **Curr. World Environ**, Vol. 9, n.3, p. 695-703, 2014.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ª ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006, 625 p.

BLANK, A.F.; FONTES, S.M.; CARVALHO FILHO, J. Influência do horário de colheita e secagem de folhas no óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) cultivada em dois ambientes. **Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu**, v.8, n.1, p.73-78, 2005.

BLANK, A.F. et al. Efeitos da adubação química e da calagem na nutrição de melissa e hortelã-pimenta. **Horticultura Brasileira**, v.24, sn., p.195-198, 2006.

BORBA, E.T.; HARTER-MARQUES, B.; CITADINI-ZANETTE, V. Produção orgânica de calêndula: um estudo de caso. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.42, n.11, p.2099-2014, 2012.

CALDAS, A. L. D. ; GREGÓRIO, C. C. M. ; DIOTTO, A. V. ; DEUS, F. P. ; PINTO, J. E. B. P. ; PIZETTA, S. C. . Variação temporal da taxa de crescimento de *Melissa Officinalis* L. submetida a diferentes frequências de irrigação. **In: IV Inovagri International Meeting**, 2017, Fortaleza. Anais do IV Inovagri International Meeting - 2017. Fortaleza, Ceará, 2017.

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

CARMO, F. F.; DUTRA, I. ; BATISTA, A. A. ; BATISTA, R. O. ; SILVA, M. G. . Dimensionamento Hidráulico e Avaliação de um sistema de irrigação localizada de baixo custo. **Engenharia na Agricultura**, v. 24, p. 302-313, 2016.

CURTIS, L. M.; POWELL, A. A.; TYSON, T. W. Microirrigation of peaches in the southeast. **Irrigation Journal**, New York, v.46, n.2, p. 22, maio 1996.

CHANG, J.; WU, X.; WANG, Y.;MAYERSON, L. A.; GU, B.; MIN, Y.; XUE, H.; PENG, C.; GE, Y. Does growing vegetables in plastic greenhouses enhance regional ecosystem services beyond the food supply? **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 1, p. 43–49, 1 fev. 2013.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO. L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n.6, p. 1862-1866, 2007.

ETHUR, L.Z.; JOBIM, J.C.; RITTER, J.G.; OLIVEIRA, G.; TRINDADE, B.S. Comércio formal e perfil de consumidores de plantas medicinais e fitoterápicos no município de Itaqui - RS. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Paulínia, v.13, n.2, p. 121-128, 2011.

FARAHANI, A. H.; VALADABADI, S.A.; DANESHIAN, J.; KHALVATI, M.A. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 3(5), p. 329-333, maio 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium (Lavras)**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação-Gotejamento e Microaspersão**. 1.ed. Maringá: Eduem- Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2012.

GENEROSO, T. N. **Efeito da magnetização nas características da água e nos parâmetros de transporte de fósforo no solo**. 2016. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

GIORDANO, M., RIJSBERMAN, F., MARIA SALETH, R. **'More Crop per Drop': Revisiting a Research Paradigm**. IWA Publishing House, UK, 2006.

HALSEMA, G. V.; VICENT, L. Efficiency and productivity terms for water management: A matter of contextual relativism versus general absolutism. **Agricultural Water Maagement**. Vol. 108, p. 9-15. 2012.

HARARI, M.; LIN, I. Growing muskmelons with magnetically treated water. **Water Irrig.Rev.**, v.9, p.4-7, 1989.

HERTWIG, I.F. **Plantas aromáticas e medicinais: plantio, colheita, secagem e comercialização**. São Paulo: Icone, 1986. 449p.

KHOSHRAVESH, M.; MOSTAFAZADEH-FARD, B.; MOUSAVI, S. F. KIANI, A. R. Effects of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation. **Soil Use and Management**, v.27, p.515–522, dez. 2011.

KLAR, A. E.; JADOSKI, C. J.; MAGGI, M. F. ; RAMIRO, J. ; SANTOS, A. B. A. D. Distribuição da evaporação no interior de uma estufa plástica no período do inverno. **Irriga. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 11, p. 257-265, abr-jun. 2006.

LAMERA, O.A.; PINTO, J.E.B.P. **Plantas medicinais: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular**. Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 264p.

LIMA, M. G. M.; DANTAS NETO, J.; FERREIRA, D. J, L.; GOMES, A. H. S.; VASCONCELOS, G. N. Comportamento hidráulico de sistema de irrigação por gotejamento em função da pressão de serviço adotada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, p. 167-171, 2017.

LOPES, O.D. et al. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.548-553, 2011.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 1.ed., Nova Odessa: Instituto Plantarum, São Paulo, 544 p. 2002.

LUZ, J.M.Q.; SILVA, S.M.; HABBER, L.L.; MARQUEZ, M.O.M.. Produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Rev. bras. plantas med.[online]**, vol.16, n.3, p.552-560, 2014.

MAHESHWARI, B. L.; GREWAL, H.S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. **Agricultural Water Management** v.96, p.1229-1236, 2009.

MANTOVANI, E.C. **AVALIA: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa: UFV, 2001.

MATOS, J. A.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, H. M. Avaliação da distribuição de água de um microaspersor autocompensante. In: **Revista Irriga**, Botucatu, v.4, n.3, p. 168-174, 1999.

MEIRA, M. R.; MELO, M. T. P; MARTINS; E. R; PINTO, M. J. S; SANTANA, C. S. Crescimento vegetativo, produção de fitomassa e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural (UFSM. Impresso)**, v. 43, p. 779-785, 2013.

MENDONÇA, R. M.; GARCIA, C. C.; AGUIAR, J. A. Uso de água imantada no cultivo de alface em sistema hidropônico NFT. **FAZU – Faculdades Associadas de Uberaba em Revista**, Uberaba, n.5, p.30-33, 2008.

MOREIRA, H. M. **Desempenho de métodos de manejo de irrigação para a cultura do tomateiro cultivado em campo e em casa de vegetação**. 2002. 111f. Tese (Magister Scientiae em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L.R.; WHEATON, T.A. Comparison of laboratory-and field-derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, v. 234, n. 2, p. 153-157. jul. 2001.

OZTURK, A.; UNLUKARA, A.; IPEK, A.; GURBUZ, A. Effect of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). **Park J Bot**, Vol. 36, p. 787-792.

PANDORFI, C. G. **Manejo da cobertura de ambientes protegidos: alterações micrometeorológicas e efeitos na produção e na qualidade da gérbera**. 2006. 95 p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

PAVIANI, L.C. **Extração com CO<sub>2</sub> a altas pressões e fracionamento do óleo essencial de capim-limão utilizando peneiras moleculares**. 2004. 245p. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS.



PICHI, D.G.; ALMEIDA, A.C.S.; JAMAMI, N.; SALVI JÚNIOR, A.; SACRAMENTO, L.V.S. Cálcio e fitorreguladores no desenvolvimento e estado nutricional de *Mentha spicata* x *suaveolens* cultivada em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínia, v.14, n.3, p.446-452, 2012.

RAN, C., HONGWEI, Y., JINSONG, H. and WANPENG, Z. The effects of magnetic fieldson water molecular hydrogen bonds. **Journal of Molecular Structure**, Vol. 938, p. 15-19, 2009.

REINA F.G.; PASCUAL L.A. Influence of a stationary magnetic field on water relationsin lettuce seeds. Part I. Theoretical considerations. **BIOELECTROM**, v.22, n.8, p.589-595, 2001a.

REINA F.G.; PASCUAL L.A., Influence of a stationary magnetic field on waterrelationsx' in lettuce seeds. Part II. Experimental results. **BIOELECTROM**, v.22, n.8,pp. 596-602, 2001b.

ROCHA, R. P. **Avaliação do processo de secagem e produção de óleo essencial de guaco**. 2002. 57 p. Dissertação ( Mestrado em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia – Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SAEB, K.; GHOLAMREZAEI, S. Variation of essential oil composition of *Melissa officinalis* L. leaves during different stages of plant growth. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, Vol. 2, n. 2, Supplement, p. S547–S549, fev. 2012.

SAMADYAR, H.; RAHI, A.R.; SHIRMOHAMMADI, K.; TAGHIZADE, F.; KADKHODA, Z. The effects of water electronic filtration (magnetic water) on alkaloids hyoscyne seeds and some morphological traits in two species of *Datura*. **Journal of Plants and Ecosystems**, Vol. 10, n.40, p. 59-72, 2014.

SANTOS, D. S. **Efeito da tensão de água no solo, na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.), utilizando sistema de irrigação automatizado**. 2002. 60p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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**. Vol. 11, p. 355-359, 2009.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n.8, dez. 2005.

SILVA, B. A.; SILVA, A. R.; PAGIUCA, L. G. Cultivo protegido versus Campo Aberto - **HF Brasil**. **HORTIFRUTI BRASIL**, mar. 2014.

SILVA, S. M. **Sistemas e épocas de cultivo na produção agrônômica e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L.** 2011. 48p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. **Embrapa: Informação Tecnológica**, Brasília, 2011. 771p.

SOUZA, C. M.P. de, **Alterações em elementos Agrometeorológicos relacionados com a orientação geográfica de estufa de polietileno**. 2003, 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

SYLOCIMOL. **Sylocimol Bem estar: Como funciona**. Disponível em: <<https://www.sylocimolbemestar.com/como-funciona>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre:ARTMED. 2009. 719p.

TESTEZLAF, R. Uso da irrigação em ambiente protegidos: cuidados e atenções. Irrigação e tecnologia moderna (ITEM). **Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem**, n. 52/53, p 18-22, 4º trimestre de 2001 e 1º trimestre de 2002.

TIVELLI, S.W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, p. 266-274, 1998.

VILAS BOAS, R. C. **Cultivo de alface crespa em ambiente protegido sob diferentes lâminas de irrigação**. 2006, 64 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

XIAO-FENG, P. and Bo, D. The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field. **Physica B Journal**, Vol. 403, p. 3571-3577, 2008.

WASICKY, R. Uma modificação do aparelho de Clevenger para extração de óleos essenciais. **Revista Faculdade de Farmácia e Bioquímica**, v.1, n.1, p.77-81, 1963.