**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Manejo da irrigação e produtividade da água na cultura da carqueja
(*Baccharis crispa* Spreng.)**

Maria Alejandra Moreno Pizani

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2017**

Maria Alejandra Moreno Pizani
Engenheira Agrônoma

Manejo da irrigação e produtividade da água na cultura da carqueja (*Baccharis
crispa* Spreng.)

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:

Profa. Dra. **PATRICIA ANGÉLICA ALVES MARQUES**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora
em Ciências. Área de concentração: Engenharia de
Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Moreno Pizani, Maria Alejandra

Manejo da irrigação e produtividade da água na cultura da carqueja (*Baccharis crispa* Spreng.) / Maria Alejandra Moreno Pizani.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

94 p.

Tese (Doutorado)- - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Reposição hídrica 2. Deficiência hídrica 3. Planta medicinal 4. Evapotranspiração I. Título

DEDICATÓRIA

A Deus pela minha vida. A Nossa Senhora por me dar força para não desistir diante os desafios. A minha mãe Isabel Moreno Pizani (in Memoriam), pelo seu exemplo de persistência e dedicação em proporcionar educação; a meu pai Hilário Gozález Ferraz, pelo seu exemplo de trabalho e superação. A meu marido Asdrúbal Jesús Farías Ramírez, com você, tudo; sem você, nada. As minhas filhas Claudia Alejandra Sarmiento Moreno e Adriana Isabel Farias Moreno, minhas maiores riquezas. Ao meu irmão Leonardo Enrique Moreno Pizani, pelo apoio e compreensão das minhas escolhas. A toda minha família e amigos, especialmente minha prima Lourdes Isabel Moreno Lamus, pela ajuda incondicional.

AGRADECIMENTOS

Às Universidades que contribuíram na minha formação profissional UNELLEZ, UCV, ESALQ – USP e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas;

À minha amiga e orientadora Profa. Dra. Patricia Angélica Alves Marques, pelas orientações, ensinamentos e a confiança;

Ao Prof. Dr. Sergio Nascimento Duarte, pela contribuição, ensinamentos e pelo apoio incondicional nos momentos más difíceis;

Ao Prof. Dr. Francisco Cortéz, pelo apoio no início deste projeto;

Ao Prof. Felix Tápia, por acreditar em mim e ao CDCH – UCV;

A Rosemi Fernádes e Angelo Julho Filho;

À Professora Rosana Alves e João Teixeira;

Ao Colegio Salesiano Dom Bosco Cidade Alta, pelo apoio concedido as minhas filhas;

A todos meus familiares, que sempre estão presentes apesar da distância e do tempo;

A Carmen Herrera, Nohemi Hortelano, Maiby Pérez, Maria Gabriela González, Pablo Silva, Raúl Ramirez, Mariagabriela Toledo, Maria Bortolani, Xenia Rendón e Johan Herrera;

Ao CNPq e CAPES pelo apoio financeiro que contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho;

As secretárias e funcionarios Beatriz Novaes, Fernanda da Silva, Angela Silva, Luiz Fernando Novello, Sr. Antonio Gozzo, Gilmar Grigolon, Paula Bonassa, Luis Afonso Costa (in Memoriam), Lucas Zanoni, Ana Lopes, Celine de Sousa, Eliana Garcia, em especial a Davilmar Colevatti pelo apoio.

Aos amigos e colegas da Pós-Graduação Cícero José da Silva, Marcos Antonio Correa, Luis Carvalho, Hermes da Rocha, Danilo Nunes, Jefferson José, Osvaldo Neto, Grasiela Perpétuo, Ailson de Almeida, Timóteo Herculino Barros, Thiago da Cruz, Mayara Araujo, Fernando Barbosa, Lucas Santos, Amarilis Shiroma, Arthur Sanches e Fernanda Lamede, em especial a Hugo Thaner dos Santos, pela ajuda e apoio em todas etapas difíceis do projeto.

Aos estudantes de ensino médio, Yane Iacope, Jessica Camila, João Machado, Jasmin Barbosa e Natália Benetello.

Aos estudantes da graduação Bruno Takeyoshi, Brenda da Silva, Juliana Zucolotto, Sharon Alves e Stephanie do Carmo, Caroline Motta, Martiliana Freire e Giovanni Papa pela eficiência e responsabilidade.

Aos professores Prof. Jose Antônio Frizzzone, Prof. Tarlei Botrel, Prof. Rubens Duarte, Prof. Fábio Marin, Prof. Marcos Folegatti, Prof. João Paulo Molin, Prof. Fernando Mendonça, Prof. Roberto Villafañe, Prof. Franklin Paredes, Prof. Severino Matias Alencar, Profa. Ana Novembre, Prof. Paulo Viegas, Prof. Fernando Mendonça, Profa. Sônia De Stefano Piedade, Prof. Gabriel Adrian Sarries, Prof. Antonio Bianchi e ao Prof. Tadeu Marques pelo apoio e por todos os ensinamentos.

Aos técnicos Ezequiel Sarreta, Antônio Pires, Douglas dos Reis, Áureo Oliveira, Agnaldo Degaspari, Helena Pescarin Chamma, Maria Heloisa de Moraes, Francisco Gomes, Adna Massarioli, Ivanil Moreno.

Aos Dr. João Menezes, Dr. Gilberto Pettan e a Lic. Faride Simão pelo apoio e competência em seus trabalhos.

A todos os que contribuíram para a finalização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Nasci no dia 16 de fevereiro de 1976, filha de Isabel Moreno Pizani e Hilário González Ferraz, em San Felipe Estado Yaracuy, Venezuela. Em 1993 ingressei no Curso de Engenharia Agrícola e me formei como Engenheiro Agrícola, em 1999, na Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ, San Carlos, Estado Cojedes, Venezuela. Pouco tempo depois de iniciar o exercício profissional fui chamada pela minha Universidade para fazer parte de um programa de ingresso de professores, baseado nas três primeiras colocações dos recém-formados do meu curso. Assim, comecei a lecionar Hidráulica, Irrigação e Drenagem no sexto e sétimo semestre da curso de Engenharia Agrícola e Hidráulica Aplicada, e no quarto semestre dos cursos de Técnico Superior em Construção Civil e Técnico Superior em Topografia. A oportunidade foi maravilhosa, pois minha proposta foi acolhida e houve a possibilidade de manter o vínculo com atividades externas à universidade, por meio de projetos de extensão e atividades especiais. Tais projetos permitiram a integração entre a universidade, os estudantes e a comunidade, praticando o que hoje denomina-se “educação e popularização de Ciência & Tecnologia”, em projetos de extensão e atendimento à comunidade. No ano 2000, me interessei pela Facultad de Agronomía da Universidad Central de Venezuela (UCV-FAGRO) e no ano 2003 ingressei no seu programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola sob a orientação do Dr. Roberto Villafañe. Durante os anos 2000 – 2004 trabalhei como Assessora nos Projetos do Programa III de INDHUR, em melhoramento de serviços em bairros populares (adução, eletricidade, esgoto e drenagem), assim como inspeção de obras civis. Em maio de 2005 concorri em concurso público para uma vaga como Professora de Dedicção Exclusiva na Cátedra de Irrigação e Drenagem da UCV - FAGRO. Assim, depois de passar pelo estágio probatório, candidatei-me para a chefia das Cátedras de Irrigação e Drenagem e Obras Hidráulicas. Simultaneamente comecei a desenvolver minha linha de pesquisa em avaliação de sistemas de irrigação, para otimizar o uso da água nos projetos de irrigação, com meus 11 orientandos da Graduação e 1 de Mestrado, com projetos de irrigação e drenagem, e na avaliação de dois Laboratórios de Hidráulica. Após 14 anos de formação e na posição de professora adjunta, encontrei-me impossibilitada de realizar um doutorado, pois minha linha de pesquisa não tinha continuação na Venezuela. Nesse momento surgiu a possibilidade continuar meus estudos na Universidade de São Paulo, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas (PPGESA). Em 2004, iniciei minhas publicações em diferentes áreas do manejo dos recursos hídricos, com experiência em duas universidades da Venezuela. Em 2013 representei a Venezuela na Europa, na European Geoscience Union. Nestes últimos 10 anos fui coordenadora de 3 projetos de pesquisa, 9 projetos de extensão todos com auxílio financeiro e já concluídos na Venezuela. Colaborei na realização de 8 eventos internacionais, estando envolvida em 2 projetos de pesquisa no Brasil, com 3 publicações no Brasil, produto de meu Doutorado, e ministrei 2098 horas de aulas em Cursos de Graduação (Engenharia Agrícola e Engenharia Agronômica), nas disciplinas: Hidráulica, Hidráulica Aplicada, Irrigação e Drenagem, Fundamentos de Irrigação e Drenagem, Projetos de Obras de Irrigação e Drenagem; e 120 horas no curso de Mestrado em Engenharia Agrícola nas disciplinas Drenagem Agrícola e Desenho Agrônômico da Irrigação.

EPÍGRAFE

*"Se tens que lidar com água,
consulta primeiro a experiência,
depois a razão".*

Leonardo da Vinci

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	16
LISTA DE SÍMBOLOS	19
1. INTRODUÇÃO	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1. Características gerais, aspectos farmacológicos, comerciais da cultura da <i>Baccharis crispa</i> Spreng.	25
2.2. Manejo da irrigação em plantas medicinais	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. Caracterização da <i>Baccharis crispa</i> Spreng.	33
3.2. Caracterização da área experimental.....	36
3.3. Delineamento experimental.....	36
3.4. Caracterização dos solos	38
3.5. Sistema de irrigação.....	39
3.6. Monitoramento da água no solo	42
3.7. Manejo da irrigação.....	43
3.8. Condução dos experimentos.....	45
3.9. Parâmetros avaliados.....	45
3.10. Produção de biomassa.....	46
3.11. Produtividade da água	47
3.12. Conteúdo relativo de água na folha.....	47
3.13. Potencial hídrico na folha	48
3.14. Resposta do suprimento de água sobre o rendimento.....	48
3.15. Óleo essencial.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1. Dados meteorológicos.....	51
4.2. Parâmetros avaliados.....	55
4.3. Deficiência hídrica	62
4.4. Produção de biomassa.....	67
4.5. Teor de óleo essencial	75
4.6. Lâmina de irrigação.....	78
4.7. Resposta do suprimento de água sobre o rendimento da cultura	79
5. CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS	83

RESUMO

Manejo da irrigação e produtividade da água na cultura da carqueja (*Baccharis crispa* Spreng.)

As respostas das plantas medicinais as diversas técnicas de manejo da irrigação são pouco conhecidas. Os efeitos da irrigação complementar e suplementar na produtividade das plantas medicinais é de interesse para a indústria farmacêutica. A flora brasileira é uma das mais ricas da Terra e neste conjunto de plantas existem espécies medicinais de alto valor com aptidão farmacêutica e bioquímica. Dentre elas está a carqueja, uma planta brasileira conhecida popularmente pelo seu chá com efeito emagrecedor. O objetivo do trabalho foi verificar as respostas da carqueja frente ao manejo da irrigação via clima em ambiente protegido. Em casa de vegetação, foram realizados dois experimentos em vasos de 11 L. O primeiro ensaio foi realizado no período primavera/verão de 2015/2016 e o segundo ensaio no outono/inverno de 2016. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados composto por seis níveis de reposição hídrica (25, 50, 75, 100, 125 e 150% da ETo) e 6 repetições, totalizando 36 parcelas. Foi adotado o sistema de irrigação localizada por gotejamento. O conteúdo de água no solo foi monitorado por meio da refletometria no domínio do tempo. O monitoramento meteorológico foi realizado por meio de uma estação meteorológica automática com datalogger. Após o transplântio das mudas foram realizadas três colheitas, realizando a avaliação das plantas cultivadas, por meio da determinação da biomassa, biometria, produtividade da água e teor do óleo essencial extraído por hidrodestilação. A cultura da carqueja (*Baccharis crispa* Spreng.) apresentou uma resposta diferencial aos níveis de reposição hídrica, nas diferentes colheitas, no período primavera/verão. O maior aumento da biomassa se observou no ciclo primavera/verão aos 95 dias após o transplântio (DAT). A deficiência hídrica afetou em menor proporção às plantas submetidas ao nível de reposição hídrica de 75% em ambos ciclos. A maior produção de biomassa seca foi obtida aos 95 DAT no ciclo primavera/verão e o teor de óleo essencial no tratamento 75% de reposição hídrica no ciclo primavera/verão aos 205 DAT.

Palavras-chave: Reposição hídrica; Deficiência hídrica; Planta medicinal; Evapotranspiração

ABSTRACT

Irrigation management and water productivity in the culture of carqueja (*Baccharis crispa* Spreng.)

The responses of medicinal plants to the various techniques of irrigation management are little known. The effects of supplementary and supplemental irrigation on the productivity of medicinal plants is of interest to the pharmaceutical industry. The Brazilian flora is one of the richest on Earth and in this set of plants has high value as medicinal species with pharmaceutical and biochemical aptitude. Among them is the carqueja, a Brazilian plant popularly known for its tea with a slimming effect. The objective of the study was to verify the responses of the carqueja to the management of irrigation through climate in a protected environment. In the greenhouse, two experiments were carried out in 11 L pots. The first test was performed in the spring / summer of 2015/2016 and the second in the fall / winter of 2016. A randomized block design was adopted, consisting of six water replacement level (25, 50, 75, 100, 125 and 150% of ETo) and 6 replicates, totaling 36 plots in the greenhouse. Drip irrigation system was adopted. The water content in the soil was monitored by time domain reflectometry and the meteorological monitoring will be done by means of an automatic weather station with datalogger. After the transplanting of the seedlings, three harvests were carried out evaluating the cultivated plants, through determination of the biomass, biometry, water productivity and essential oil content extracted by hydrodistillation. The *Baccharis crispa* Spreng. presented a differential response to water replacement levels, in the different harvests, in the spring/summer period. The greatest development of the crop was observed in the summer spring cycle at 95 DAP. The water deficiency affected to a lesser extent the plants submitted to the water replacement level of 75% in both cycles. The highest dry biomass production at 95 DAP in the spring/summer cycle and the essential oil content in the treatment 75% of water replacement in the spring / summer cycle at 205 DAP.

Keywords: Water replacement; Water deficit; Medicinal plant; Evapotranspiration

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espécimes da <i>Baccharis crispa</i> Spreng. coletados para a caracterização e identificação botânica da planta, na Área experimental do Departamento de Engenharia de Biossistemas Esalq USP. Foto: Maria Alejandra Moreno. .	33
Figura 2. Exsicata da <i>Baccharis crispa</i> Spreng, utilizada nos experimentos. Foto: Maria Alejandra Moreno.....	34
Figura 3. <i>Baccharis crispa</i> Spreng.: Planta inteira no campo. Área experimental Departamento de Engenharia de Biossistemas Esalq USP. Foto: Maria Alejandra Moreno.....	35
Figura 4. Planta inteira no vaso Foto: Maria Alejandra Moreno.....	35
Figura 5. Disposição das bancadas na casa de vegetação na área experimental Departamento de Engenharia de Biossistemas Esalq USP. Foto: Maria Alejandra Moreno.....	35
Figura 6. Localização relativa do experimento (A); Casa de Vegetação utilizada para o experimento (B). Fotos: Maria Alejandra Moreno (B).....	36
Figura 7. Croqui do experimento	37
Figura 8. Avaliação do desempenho do Sistema de irrigação. Foto: Maria Alejandra Moreno.....	40
Figura 9. Equação de calibração do TDR usado para medir as mudanças nos valores de umidade volumétrica do solo.	43
Figura 10. Corte longitudinal da folha fresca triada (A); Inserção da folha cortada no do integrador de área planímetro de digitalização Li- 3100 (Li-Cor®). Fotos: Maria Alejandra Moreno.....	46
Figura 11. Monitoramento ao longo dos dias da temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar e a umidade relativa média durante o experimento primavera/verão.....	51
Figura 12. Monitoramento ao longo dos dias da temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar e a umidade relativa média durante o experimento primavera/verão.....	51
Figura 13. Monitoramento ao longo dos dias da temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar e a umidade relativa média durante o experimento outono/Inverno.....	53
Figura 14. Evapotranspiração de referência (Eto) determinada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 durante o experimento primavera/verão.	54
Figura 15. Evapotranspiração de referência (Eto) determinada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 durante o experimento outono/inverno.	55

Figura 16. Área foliar (AF) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.	56
Figura 17. Área foliar (AF) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	57
Figura 17. Número de folhas (NF) média final das plantas em cada colheita: 45; 95 e 205 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.	58
Figura 18. Número de folhas (NF) média final das plantas em cada colheita: 46, 119, e 182 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	59
Figura 18. Altura (AP) média final das plantas em cada colheita: 45; 95 e 205 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.	61
Figura 19. Altura (AP) média final das plantas em cada colheita: 46; 119 e 182 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	61
Figura 20. Conteúdo relativo da água na folha (CRA) médio final das plantas em cada colheita: 45; 95 e 205 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.	63
Figura 21. Conteúdo relativo da água na folha (CRA) médio final das plantas em cada colheita: 46; 119 e 182 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	64
Figura 22. Módulo do potencial hídrico da água na folha (PHF) médio final das plantas em cada colheita: 45; 95 e 205 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.	65
Figura 23. Módulo do potencial hídrico da água na folha (PHF) médio final das plantas em cada colheita: 46; 119 e 182 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	66
Figura 24. Biomassa fresca (BMF) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.	68
Figura 25. Biomassa fresca (BMF) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	69
Figura 26. Biomassa seca (BMS) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.	71
Figura 27. Biomassa seca (BMS) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	71

Figura 28. Produtividade da água (kg m^{-3}) por biomassa (PAB) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.....	74
Figura 29. Produtividade da água (kg m^{-3}) por biomassa (PAB) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	74
Figura 30. Teor de óleo essencial (TO) em % médio final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.	76
Figura 31. Teor de óleo essencial (TO) em % médio final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.	76
Figura 32. Irrigação total aplicada (mm) para os tratamentos nos ciclos primavera/verão e outono/inverno.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Esquema de análise de variância do experimento.....	37
Tabela 2. Caracterização física do Latossolo Vermelho eutrófico típico, Piracicaba-SP, Brasil.....	39
Tabela 3. Caracterização química do Latossolo Vermelho eutrófico típico, Piracicaba-SP, Brasil.....	39
Tabela 4. Desempenho hidráulico do sistema de irrigação localizada por gotejamento em casa de vegetação, experimento primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil.....	41
Tabela 5. Desempenho hidráulico do sistema de irrigação localizada por gotejamento em casa de vegetação, experimento outono-inverno, Piracicaba-SP, Brasil.....	41
Tabela 6. Valores médios de temperaturas mínima e média do ar e umidade relativeregistrados na primeira colheita (45 DAT), segunda colheita (95 DAT) terceira colheita (205 DAT) no período primavera/verão.....	51
Tabela 7. Valores médios de temperatura mínima e máxima, umidade relativa média do ar registrados na primeira colheita (45 DAT), segunda colheita (95 DAT) terceira colheita (205 DAT) no período primavera/verão	51
Tabela 8. Valores médios de temperatura mínima e máxima, umidade relativa média do ar registrados na primeira colheita (46 DAT), segunda colheita (119 DAT) terceira colheita (182 DAT) no período outono/inverno.....	53
Tabela 9. Resultados médios em (m ²) da área foliar (AF) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.	56
Tabela 10. Resultados médios do número de folhas (NF) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.	60
Tabela 11. Resultados médios em (cm) da altura das plantas (AP) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.	62
Tabela 12. Resultados médios do conteúdo relativo da água na folha (CRA) (%) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.	64
Tabela 13. Resultados médios em (MPa) do módulo do potencial hídrico da água na folha (PHF) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.....	66

Tabela 14. Resultados médios em (g planta ⁻¹) da biomassa fresca (BMF) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.	69
Tabela 15. Resultados médios em (g.planta ⁻¹) da biomassa seca (BMS) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.	72
Tabela 16. Resultados médios em (kg m ⁻³) da produtividade da água por biomassa (PAB) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.....	75
Tabela 17. Resultados médios em (%) teor de óleo essencial (TO) entre as colheitas de <i>Baccharis crispa</i> Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.	77
Tabela 18. A resposta do suprimento de água sobre o rendimento por meio do fator de resposta da cultura (Ky*) para cada tratamento nos ciclos primavera/verão e outono/inverno.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF205	área foliar 205 DAT (cm^2)
AF45	área foliar aos 45 DAT (cm^2)
AF95	área foliar aos 95 DAT (cm^2)
AP	altura de planta (cm)
Av	área do vaso (m^2)
BMD	biomassa seca (g).
BMF205	biomassa fresca aos 205 DAT (g)
BMF95	biomassa fresca aos 95 DAT (g)
BMS	biomassa seca das 3 colheitas (kg)
BMS205	biomassa seca aos 205 DAT (g)
BMS45	biomassa seca 45 aos DAT (g)
BMS95	biomassa seca aos 95 DAT (g)
CFP205	comprimento da folha principal aos 45 DAT (cm)
CFP45	comprimento da folha principal aos 45 DAT (cm)
CFP95	comprimento da folha principal aos 95 DAT (cm)
CRA205	conteúdo relativo da água na folha aos 205 DAT (%)
CRA45	conteúdo relativo da água na folha aos 45 DAT (%)
CRA95	conteúdo relativo da água na folha aos 95 DAT (%)
CUC	Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%)
CUE	Coeficiente de uniformidade de emissão (%)
DAP	dias após o plantio
DAT	dias após o transplantio
DN	diâmetro interno (mm)
Ea	eficiência de aplicação do sistema de irrigação (decimal)
e_a	pressão parcial de vapor (kPa)
e_s	pressão de saturação de vapor (kPa)
ETm	lâmina de irrigação obtida no tratamento 100% ETo (mm)
ETo	evapotranspiração de referência (mm dia^{-1})
ETr	lâmina real de irrigação para cada tratamento (mm)
G	fluxo total diário de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)
I	lâmina total de irrigação (mm)
Ky	coeficiente de resposta da cultura

Lb	lâmina total aplicada de irrigação (mm)
m	saturação por alumínio da CTC efetiva (%)
MMf	massa da matéria fresca (g)
MMs	massa da matéria seca (g)
Msat	massa saturada (g)
MFPA	massa fresca total da parte aérea das três colheitas (g)
MSPA	massa seca total da parte aérea das três colheitas (g)
MO	massa de óleo obtida (g)
NF	número de folhas
NF205	número de folhas aos 205 DAT
NF45	número de folhas aos 45 DAT
NF95	número de folhas aos 95 DAT
PA	produtividade da água (kg m^{-3})
PHF205	potencial de água na folha aos 205 DAT (MPa)
PHF45	potencial de água na folha aos 45 DAT (MPa)
PHF95	potencial de água na folha aos 95 DAT (MPa)
PVC	policloreto de vinila
qe	vazão do gotejador (L.h^{-1})
Qreal	descarga real do emissor (L h^{-1})
q _{var}	variação de descarga do emissor (%)
Rn	radiação líquida total diária ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)
s	taxa de variação da pressão de vapor em relação à temp. ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$)
SB	soma de bases ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)
t	CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)
T	CTC a pH 7,0 ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)
Td	temperatura média diária ($^{\circ}\text{C}$)
TDR	reflectometria no domínio do tempo
TDt	transmissão de domínio do tempo
Ti	tempo de irrigação (h)
TO205	teor de óleo essencial aos 45 DAT (%)
TO45	teor de óleo essencial aos 45 DAT (%)
TO95	teor de óleo essencial aos 45 DAT (%)
U ₂	velocidade do vento a 2 m do solo (m s^{-1})
UD	Uniformidade de distribuição (%)

V	saturação por bases (%)
Y _m	produção potencial obtida no tratamento 100% ETo (g)
Y _r	produção real obtida em cada tratamento (g)
γ	constante psicrométrica (0,063 kPa°C ⁻¹)
Θ	umidade volumétrica atual, (cm ³ cm ⁻³)

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	centímetros
g	gramas
kg	quilogramas
kPa	quilopascal
m	metros
MPa	megapascal
°C	graus centrígados

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso limitado e vem se tornando escasso em várias regiões agrícolas; dessa maneira seu uso deve ser racional e baseado nas necessidades das culturas, visando uma maior produtividade com o menor uso possível do recurso hídrico. A maioria dos agricultores não possuem informação sobre o manejo da irrigação adequado, e ao irrigarem geralmente aplicam água em demasia, levando ao desperdício do recurso hídrico, perdas de nutrientes por lixiviação e, em alguns casos, a perdas de produtividade por excesso de irrigação. O incremento da área irrigada e a escassez de recursos hídricos em algumas regiões têm fomentado a utilização de sistemas e manejos de irrigação que aumentem a eficiência do uso da água por meio do manejo apropriado (SAMPAIO et al., 2010; MARTIN et al., 2012).

Manejo pode ser definido como o uso criterioso dos recursos disponíveis para se atingir um determinado objetivo. No caso da irrigação, as práticas de manejo têm por objetivo maximizar a produção vegetal com o menor consumo de água. Em outras palavras, a água aplicada deve ser efetivamente utilizada para a produção, com o mínimo de perdas. Uma das formas de manejo da irrigação visando a economia do uso da água é a chamada irrigação com déficit. O déficit hídrico é um fator desfavorável ao crescimento e à produção das culturas, pois exerce influência direta sobre o desenvolvimento da maioria das plantas (CARVALHO et al., 2005). Contudo, o déficit hídrico controlado pode ser utilizado sem afetar negativamente a quantidade e a qualidade da produção final, sendo a irrigação com déficit utilizada com sucesso no aumento da produtividade da água para diversas culturas, sem causar reduções de rendimento importantes (DO VALE et al., 2012; LIMA et al., 2012). São necessários estudos direcionados a este tema buscando a máxima produtividade com o mínimo de uso da água.

Buscando fornecer informações para o manejo da irrigação, desde a década de 1980, novos tipos de dispositivos eletromagnéticos baseados na constante dielétrica da água no solo e na capacitância começaram a ser utilizados para medir o conteúdo de água no solo (SUMMER, 1999; EVETT; TOLK; HOWELL, 2006; PEREIRA et al., 2006). Segundo Allen et al. (2011), a reflectometria no domínio do tempo (TDR), a transmissão de domínio do tempo (TDT) e as sondas de capacitância vêm sendo utilizadas para medir o teor de água no solo, direta ou indiretamente; há, entretanto, a necessidade de calibrar estes sensores para o tipo

de solo e da profundidade do sistema radicular da planta cultivada; sendo indicados para cultivos em vasos (EVETT; TOLK; HOWELL, 2006).

Os produtos à base de plantas medicinais surgem como uma forte tendência mundial, sendo considerado um mercado promissor com números expressivos, tornando-se um ambiente de negócio atrativo. Existe um aumento da oferta e da demanda de plantas medicinais; entretanto, o sistema produtivo encontra-se deficiente e despreparado para atender a esse novo mercado (PICHI et al., 2012). Este potencial das plantas medicinais como fonte de novos medicamentos, associado ao desenvolvimento de um cultivo sistemático, utilizando técnicas racionais de cultivo agrícola, torna-se promissor e a necessidade para garantir a sustentabilidade ambiental propicia um amplo campo para a investigação científica (ANDRIÃO, 2010; PACHECO; CAMARGO; SOUZA, 2011; PICHI et al., 2012).

O cultivo de plantas medicinais tem aumentado em virtude da liberação da comercialização de inúmeras espécies medicinais pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Existem poucos estudos relacionados ao manejo agrônomo adequado para obtenção de plantas de qualidade e com elevada produtividade. Há necessidade de pesquisas para definir os parâmetros de conteúdo de água crítico do solo e reposição de água no solo para potencializar o cultivo das plantas medicinais.

A carqueja (*Baccharis crispa* Spreng.) é uma planta medicinal com potencial econômico na Agricultura, visto que pode ser utilizada na fabricação da cerveja e na síntese de fármacos. Ainda não são conhecidas as necessidades hídricas da carqueja para o uso eficiente da água em sua produção. Por meio de instrumentos eletroeletrônicos (TDR e estação meteorológica automática) é possível estimar as necessidades hídricas da carqueja, considerando a avaliação do seu desenvolvimento morfológico, em resposta a diferentes níveis de irrigação, em função da evapotranspiração de referência e do monitoramento do conteúdo de água no solo.

O estudo do manejo da irrigação com déficit hídrico permite a seleção de lâminas de irrigação que promovam o crescimento da carqueja e a produção de biomassa seca e óleo essencial, visando a economia de água. Sendo assim, se o estresse hídrico promove a redução de crescimento da planta, mas se há aumento do conteúdo relativo de compostos químicos causados pelo estresse na cultura da

carqueja, existe um manejo da irrigação adequado para conduzir a carqueja em vasos dentro de estufas agrícolas.

Este trabalho tem por objetivo geral avaliar o efeito de diferentes níveis de reposição hídrica sob a carqueja.

Objetivos específicos:

- Estabelecer o efeito dos diferentes níveis de reposição hídrica sob o crescimento da cultura da carqueja;
- Analisar o conteúdo relativo de água nas folhas e o potencial hídrico na folha da carqueja como resposta ao déficit hídrico;
- Avaliar a produção de biomassa seca e fresca e na biossíntese de óleo essencial da carqueja sob os diferentes níveis de reposição hídrica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características gerais, aspectos farmacológicos, comerciais da cultura da *Baccharis crispa* Spreng.

A carqueja é uma planta fanerógama pertencente a família Asteraceae. É uma planta alógama, de porte arbustivo, folhas sésseis e tronco lignificado e apresenta o metabolismo do tipo C3 (LORENZI; DE ABREU MATOS, 2002). Possui ação terapêutica confirmada para reumatismo; além de propriedades digestivas, como por exemplo, antiúlcera, antiácida, anti-inflamatória e potencial antimicrobiano, entre outros descritos na literatura (ALONSO, 1998; VERDI; BRIGHENTE; PIZZOLATTI, 2005; AGRA; FREITAS; BARBOSA-FILHO, 2007; BIAVATTI et al., 2007; KARAM et al., 2013). Na Agricultura é aproveitada pelas propriedades alopáticas, retardando a velocidade na germinação de sementes de plantas invasoras e inibindo o crescimento fúngico; também é utilizada na indústria de cervejaria como substituta do lúpulo, e na aromatização de refrigerantes e de licores (CASTRO; FERREIRA, 2000; PALÁCIO et al., 2007).

As plantas da família Asteraceae têm sido amplamente estudadas, sendo algumas do gênero *Baccharis* sp utilizadas na medicina popular e fitoterápica. A *Baccharis trimera* (Less.) DC é uma planta nativa da América do Sul e é encontrada nas regiões sul do Brasil, norte da Argentina, Paraguai, Bolívia, e Uruguai (BONA et al., 2005; OLIVEIRA JÚNIOR; CABREIRA; BEGOSSI, 2012). No Brasil é denominada como carqueja e é utilizada pelas suas conhecidas propriedades medicinais, efeitos digestivos, antimicrobianos e anti-inflamatórios, tratamento da diabetes, disfunções hepáticas e reumatismo (TORRES et al., 2000; BORELLA; FONTOURA, 2002; FUKUDA et al., 2006). Seus constituintes químicos são utilizados na síntese de fármacos e na indústria de bebidas devido ao seu teor amargo (VERDI; BRIGHENTE; PIZZOLATTI, 2005).

A espécie utilizada neste trabalho é a *Baccharis crispa* Spreng., que possui distribuição ampla no Brasil. Apresenta porte ereto, panículas 0,15 – 0,40 m de comprimento, ramos espiciformes de 0,03 – 0,20 m, corola feminina com ápice truncado ou irregularmente denticulado e cipselas de 1,0 – 1,5 mm (HEIDEN; BAUMGRATZ; ESTEVES, 2012).

Por serem plantas dióicas, as espécies consideradas carqueja apresentam algumas dificuldades para a produção de mudas via sementes, como a grande variabilidade genética resultante da fecundação cruzada, demora para a formação das mudas, e pelo peso reduzido das sementes a coleta e semeadura são trabalhosas (CASTRO; FERREIRA, 2000; BONA et al., 2005).

A composição do óleo essencial da carqueja é principalmente formulada por carquejol, acetato de carquejila, sesquiterpenos e espatulenol entre outros. Também contêm flavonóides como a quercetina, luteolina e nepetina diterpenos, compostos tânicos e saponinas (CASTRO et al., 1999; PALÁCIO et al., 2007; SOUZA; PEREIRA; SOUZA, 2012).

A carqueja está entre as espécies que necessitam de estudos agronômicos devido a sua alta demanda no mercado. Além disso, está na lista das plantas medicinais liberadas para comercialização e emprego na fitoterapia do Sistema Único de Saúde (ANDRIÃO, 2010). A comercialização, tanto para o mercado nacional quanto no mercado internacional da carqueja, é na forma de folhas secas, saches, cápsulas e tinturas entre outras (SILVA et al., 2001; PALÁCIO et al., 2007). A quantidade e a forma na qual o produto é comercializado ejerce influencia no preço tanto no mercado nacional quanto no internacional. Neste sentido, a carqueja comercializada na Região Metropolitana de Curitiba apresentou uma variação de valor da massa seca da parte aérea disponível para o consumidor no ano 2005 entre R\$ 20,00 e R\$ 107,50 o kg (CARDON; CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2005). Para o ano 2017 o preço apresentou uma variação entre os 2567,00 R\$ e 2978,00 R\$ por litro do óleo essencial de carqueja.

Sendo uma matéria prima, geralmente proveniente de práticas extrativistas que ameaçam as populações naturais, existe estímulo para a realização de pesquisas para gerar dados agronômicos, e farmacêuticos referentes à quantidade e qualidade da biomassa e compostos produzidos, para poder fomentar seu cultivo e manejo adequado, que garanta o abastecimento constante e da planta para o mercado (PALÁCIO et al., 2007).

Diversos autores utilizaram metodologias de avaliação precisas e simples que contribuíram para medir diferentes processos fisiológicos do crescimento vegetal, sendo útil no estudo de variações entre plantas geneticamente diferentes ou sob distintas condições ambientais (BENINCASA, 2003; CORRÊA et al., 2012).

A produção de óleos essenciais está relacionada à taxa fotossintética da planta, por causa da biossíntese de terpenos em cloroplastos. A carqueja, como uma planta de clima tropical, possui sua maior taxa fotossintética em períodos de maior radiação, podendo alcançar altas produções de óleo essencial nesta fase (MARCHESE; FIGUEIRA, 2005), quando não há limitações de outros fatores ambientais.

A utilização da fitoterapia movimenta um mercado de bilhões de dólares que amplia o interesse pelo cultivo das plantas medicinais. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), as plantas medicinais são utilizadas por 80% da população mundial e no Brasil pesquisas demonstram que mais de 90% da população já fez uso de alguma planta medicinal (ABIFISA, 2007; RASHED; DARWESH, 2015). No Brasil o cultivo de plantas medicinais tem sido intensificado em virtude da liberação da comercialização dessas plantas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) com finalidade fitoterápica.

2.2. Manejo da irrigação em plantas medicinais

As práticas de manejo da irrigação têm por objetivo maximizar a produção vegetal com o menor consumo de água. Em outras palavras, a água aplicada deve ser efetivamente utilizada para a produção, com o mínimo de perdas. Um procedimento ainda mais adequado para plantas medicinais, que nunca foram pesquisadas, consiste na caracterização da suscetibilidade da produção à deficiência hídrica, avaliando lâminas de irrigação abaixo e acima da evapotranspiração de referência. Uma vez conhecidos os valores de lâmina que resultam em produção máxima ou mínima, torna-se possível racionalizar a aplicação de água de tal maneira que a água seja utilizada com elevada eficiência.

A irrigação justifica-se como recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas em regiões onde a insuficiência ou a má distribuição das chuvas inviabiliza a exploração agrícola (FRIZZONE, 2002; MARQUES; FRIZZONE, 2005). A deficiência hídrica destaca-se como fator adverso ao crescimento e à produção vegetal, sendo o fator climático um dos que exerce influência direta sobre o desenvolvimento da planta e a produção de princípios ativos (CARVALHO et al., 2005). Na maior parte do território brasileiro, a irrigação é uma prática suplementar, isto é, os totais anuais de precipitação pluvial são suficientes para satisfazer as necessidades hídricas da cultura; todavia, a distribuição irregular das chuvas propicia a ocorrência de períodos de estresse hídrico às plantas, acarretando quebras de produção.

A seca, ou deficiência hídrica, é considerada um estresse ambiental. Segundo Larcher (2003) representa um estado em que a demanda de energia pela planta para sua manutenção (sobrevivência) é maior que a produção, o que leva a uma desestabilização inicial das funções da planta, seguida por uma normalização e indução dos processos fisiológicos de adaptação. De acordo com (PIMENTEL, 2004) os efeitos da seca são bastante variáveis em função de sua intensidade (duração), da velocidade de imposição do estresse e do estágio de desenvolvimento da planta em que a seca ocorre. Os estádios de desenvolvimento em que as culturas são, em geral, mais sensíveis ao déficit hídrico são a emergência, a floração e a fase inicial de frutificação, e menos na fase vegetativa ou de maturação do órgão colhido.

O estresse hídrico, afeta fatores fisiológicos, como fotossíntese, comportamento estomatal, mobilização de reservas, expansão foliar e crescimento, estes, por consequência, alteram os metabólitos secundários. Esta alteração pode ser positiva, com aumento da produção de metabólitos, se esse o estresse ocorrer em curtos períodos. Em longo prazo pode trazer consequências negativas (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Ainda não são conhecidas as necessidades hídricas da carqueja para o uso eficiente da água em sua produção. Por meio de instrumentos eletroeletrônicos (TDR e estação meteorológica automática) é possível estimar as necessidades hídricas da carqueja, por meio da avaliação do seu desenvolvimento morfológico e das respostas a diferentes níveis de irrigação em função da evapotranspiração de referência e do monitoramento do conteúdo de água no solo. Marques et al. (2015), em um estudo com irrigação em carqueja, concluíram que o fornecimento da água através da irrigação foi fundamental para o desenvolvimento e crescimento da planta. Moreno Pizani et al. (2015) obtiveram economia de água utilizando 314,16 mm de lâmina total aplicada durante o cultivo da carqueja, com o monitoramento do conteúdo de água no solo com o uso da TDR.

A demanda de água das culturas é parte da informação básica necessária ao planejamento da irrigação, determinando o momento certo para fazer a aplicação da irrigação e a quantidade de água a ser aplicada à cultura (CARVALHO; OLIVEIRA, 2012). Este planejamento é o produto de integração dos processos de evaporação e transpiração estimados a partir de dados meteorológicos e de dados do manejo agrônomo da cultura (PEREIRA; VILA NOVA; SEDIYAMA, 2013).

São poucos os trabalhos sobre efeito do estresse hídrico em plantas medicinais. O efeito sobre tais produtos parece variar bastante com o tipo, a intensidade e a duração do estresse, podendo aumentar ou diminuir o teor de óleos essenciais. Plantas irrigadas podem compensar o baixo teor de princípios ativos com maior produção de biomassa, o que resulta em maior rendimento final de princípios ativos por área (HUSSAIN et al., 2011).

A maioria dos estudos com plantas medicinais no Brasil têm sido realizados com plantas exóticas e, quando se trata de plantas nativas, estes trabalhos, além de escassos, têm sido pouco abrangentes (JANNUZZI et al., 2010; ALVARENGA et al., 2012). Em revisão, notam-se alguns trabalhos sobre o efeito do estresse hídrico e/ou irrigação no sistema de cultivo de plantas medicinais; porém, ainda são poucos

aqueles que tratam do manejo do uso da água no sistema de cultivo, principalmente em relação às espécies nativas brasileiras com potencial econômico. Entre estas espécies se podem citar: manjerição (*Ocimum basilicum* L.) (PRAVUSCHI et al., 2010; JOSÉ, 2014); calêndula (*Calendula officinalis* L.) (BORTOLO; MARQUES; PACHECO, 2009; ALEMAN; MARQUES, 2016); alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) (SINGH, 2004); alecrim pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) (ALVARENGA et al., 2012); melissa (*Melissa officinalis* L.) (MEIRA et al., 2013); orégano (SANTOS, 2016); coentro (*Coriandrum sativum* L.) (JAMALI, 2012); erva-luísia (*Aloysia triphylla* (L'Hér.) Britton) (AL-MEFLEH; ABU SALAH; ABANDEH, 2012).

As plantas medicinais cultivadas sob níveis reduzidos de água no solo diminuem o crescimento e podem investir na biossíntese de óleo essencial. Dentre os mecanismos de sobrevivência destas plantas ao déficit hídrico, a biossíntese de óleo essencial é tida como uma defesa destas plantas contra a perda de folhas e atração de polinizadores (GOTTLIEB; SALATINO, 1987). A biossíntese de óleo essencial nas plantas medicinais é um processo bioquímico exotérmico e dependente da luz e do oxigênio, com isso um manejo racional da irrigação pode potencializar a biossíntese do óleo essencial (BURMEISTER; GUTTENBERG, 1960; BROCHOT et al., 2017). Alguns estudos já comprovaram que o estresse hídrico possibilita a maior produção de óleo essencial pelas plantas medicinais (NOWAK et al., 2010; RIOBA et al., 2015).

2.2.1. Consumo de água pela cultura

A evapotranspiração é um fenômeno biofísico composto pela evaporação da água do solo e a transpiração das plantas. Este fenômeno biofísico é uma das variáveis de saída do ciclo hidrológico e ainda rege a absorção e assimilação de água pelas plantas (PEREIRA; VILA NOVA; SEDIYAMA, 2013). Atualmente sua estimativa tem sido feita em todo mundo, pois a partir da evapotranspiração pode-se quantificar o fluxo de água em um ecossistema ou ainda saber a necessidade hídrica de uma planta (CARVALHO; OLIVEIRA, 2012).

Segundo Allen et al. (2011), a reflectometria no domínio do tempo (TDR), a transmissão de domínio do tempo (TDT) e as sondas de capacitância são comumente utilizadas para medir o teor de água no solo, direta ou indiretamente. As vantagens destes sensores eletrônicos são as medidas in situ com o

armazenamento de dados em datalogger. O pré-requisito de adoção destes métodos é a necessidade de calibração *in situ* antes do início do cultivo. Vale ressaltar que uma das limitações deste método é o alto custo de aquisição do equipamento no mercado.

Existem várias técnicas para a determinação do consumo de água das culturas e a obtenção do coeficiente de cultura. Os dados da evapotranspiração podem ser determinados por métodos diretos: como a lisimetria e parcelas experimentais no campo (gravimétrico, sondas de nêutrons, outros sensores de água do solo) e estimados por métodos indiretos: a partir de fórmulas empíricas (balanço de energia, de água ou combinados) ou teóricas, que utilizam dados meteorológicos, dados de solo, e correlação de turbilhões (razão de Bowen, covariância de vórtices turbulentos, cintilometria), assim como o por meio do fluxo de seiva uso da modelagem e o sensoriamento remoto aplicado na agricultura.

O método mais comum para estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) é por meio do coeficiente de cultura (K_c), que relaciona a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência (ET_o). Estudos mostram que o K_c varia com a cultivar, o clima, as práticas culturais, a disponibilidade de água no solo, as fases de desenvolvimento e as condições de cultivo, com ou sem controle de ervas daninhas, além dos fatores ambientais (KANG et al., 2003; ALLEN et al., 2011; SHUKLA et al., 2014).

Outra técnica adequada para medir o teor de água do solo nas camadas do solo é a técnica de reflexometria do tempo (TDR) introduzida por Topp et al., (1980). Pode ser usada em situações onde a evaporação do solo pode ser valiosa calculada a partir da equação do balanço hídrico (TOPP et al., 1984; BAKER; SPAANS, 1994; PLAUBORG, 1995). A técnica TDR fornece medidas precisas, não destrutivas e automatizadas (KUPERMAN et al., 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da *Baccharis crispa* Spreng.

Os espécimes foram coletados por M.A. Moreno-Pizani & A. Farias, na data de 1 de julho de 2016, sempre nas primeiras horas da manhã na área experimental do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP em Piracicaba-SP (22°42'41,3"S; 47°37'45,7"O; 560 m), em um solo Latossolo Vermelho eutrófico típico (Figura 1). Após a secagem do material, a identificação botânica da espécie estudada foi realizada pelo Prof. Asdrúbal Farías do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Central da Venezuela, de acordo com a metodologia usual em Botânica, usando chaves de identificação para famílias e gêneros, revisão bibliográfica e consulta ao acervos de herbários (MÜLLER, 2006; OLIVEIRA; MARCHIORI, 2006; HEIDEN et al., 2007, 2009; CANCELLI, 2008). Posteriormente, os exemplares foram enviados e depositados no Herbário UPCB Herbário do Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná .

Figura 1. Espécimes da *Baccharis crispa* Spreng. coletados para a caracterização e identificação botânica da planta, na Área experimental do Departamento de Engenharia de Biossistemas Esalq USP. Foto: Maria Alejandra Moreno.

3.1.1. Exsicata

A *Baccharis crispa* Spreng, utilizada nos experimentos foi descrita como: uma planta diótica, subarbusto cultivado de 0,9 m de altura, caule e ramos alados, ramos reprodutivos 3-alados, com flores cor rosa claro ou branco. Capítulos solitários arrumados em picos soltos na ponta dos galhos, e glomérulos com 2–4 capítulos. Papiro amarelado. Folhas escamiformes, sésseis e triangulares. Nome comum: “carqueja”, “carqueija”. Os espécimes estão depositados no Herbário UPCB Herbário do Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná, identificados pelo número 86437 (Figura 2). Nas Figuras a seguir são apresentadas a planta inteira no campo (Figura 3); a planta inteira no vaso (Figura 4) e a disposição das bancadas na casa de vegetação na área experimental no Departamento de Engenharia de Biossistemas Esalq USP (Figura 5).

Figura 2. Exsicata da *Baccharis crispa* Spreng, utilizada nos experimentos. Foto: Maria Alejandra Moreno.

Figura 3. *Baccharis crispa* Spreng.: Planta inteira no campo. Área experimental Departamento de Engenharia de Biosistemas Esalq USP. Foto: Maria Alejandra Moreno.

Figura 4. Planta inteira no vaso Foto: Maria Alejandra Moreno.

Figura 5. Disposição das bancadas na casa de vegetação na área experimental Departamento de Engenharia de Biosistemas Esalq USP. Foto: Maria Alejandra Moreno.

3.2. Caracterização da área experimental

Os experimentos foram realizados sob cultivo protegido em uma casa de vegetação situada no Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP em Piracicaba-SP (22°42’S; 47°38’O; 546 m) (Figura 6A). O primeiro foi realizado na primavera/verão de 2015 e o segundo experimento no outono/inverno de 2016.

As dimensões da casa de vegetação utilizadas são: 6,0 m de largura por 24 m de comprimento e pé-direito igual a 4,0 m (Figura 6B). O teto é revestido com polietileno transparente com espessura de 150 micras, tratado contra ação de raios ultravioletas e telas anti afídeos.

Figura 6. Localização relativa do experimento (A); Casa de Vegetação utilizada para o experimento (B). Fotos: Maria Alejandra Moreno (B)

3.3. Delineamento experimental

Foi adotado o delineamento casualizado em blocos com 6 tratamentos e 6 blocos, totalizando 36 parcelas. Cada parcela corresponde a 1 vaso de 11 litros com 1 planta de carqueja. Os tratamentos de lâminas de irrigação foram de 25, 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração de referência (ET_o) aplicadas durante todo o ciclo de cultivo após o transplântio (Figura 7).

Figura 7. Croqui do experimento

As variáveis da parte aérea e do óleo essencial e a análise de crescimento foram analisadas previamente pelo Teste de Shapiro Wilk para verificar a normalidade ($p > 0,05$), a homogeneidade foi verificada pelo Teste de Bartlett ($p > 0,05$) e quando necessário foram realizadas transformações de dados (BOX; HUNTER; HUNTER, 2005). As variáveis foram analisadas por meio do Teste F do análise de variância (ANOVA) como se detalha no esquema da Tabela 1, e quando o p-valor obtido foi menor que 0,05 foram realizadas as regressões polinomiais ou comparações múltiplas pelo Teste de Tukey em nível de 5% de significância (SILVA; AZEVEDO, 2006). As análises estatísticas foram realizadas com o programa SAS, versão 9.3 (SAS Institute, Cary NC).

Tabela 1. Esquema de análise de variância do experimento

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Bloco	5
Eto%	5
Resíduo	25
Total	35

3.4. Caracterização dos solos

O solo utilizado nos experimentos foi classificado no Brasil como Latossolo Vermelho eutrófico típico (EMBRAPA, 2013) e nos Estados Unidos da América como Typic Hapludox (SOIL SURVEY STAFF, 1999). Solo foi preparado realizando a segagem ao ar livre, posteriormente foi desterronado e peinerado manualmente por meio de um crivo de 3 mm. As análises físicas e químicas das amostras deformadas de terra foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia de Biosistemas (LEB) e no Laboratório de Análise de Solo da PESAGRO-RIO em Seropédica-RJ, respectivamente.

Os fertilizantes utilizados foram ureia ($1,06 \text{ g planta}^{-1}$), fraccionada em duas partes iguais, superfosfato simples ($15,78 \text{ g planta}^{-1}$) e sulfato de potássio ($4,73 \text{ g planta}^{-1}$) (GARCÍA, 2013). Todos os adubos foram dissolvidos em água e incorporados ao solo 20 dias antes do transplântio das mudas.

3.4.1. Fertilidade do solo

Os resultados das análises físicas e químicas de solo realizados nos Laboratórios de Física do Solo do Departamento de Engenharia de Biosistemas (LEB) e no Laboratório de Análise de Solo da PESAGRO-RIO em Seropédica-RJ estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Segundo os resultados obtidos nos análises de solo, não foi necessário realizar o ajuste da saturação por bases (V), considerando 69% dentro dos limites de tolerância da cultura da carqueja.

Tabela 2. Caracterização física do solo utilizado no experimento: Latossolo Vermelho eutrófico típico Piracicaba-SP, Brasil.

Solo	Densidade do solo (Ds)	Capacidade de campo (CC)	Microporosidade (Mip)	Macroporosidade (Map)	Condutividade hidráulica (K _h)
0-20 cm	g cm ⁻³		cm ³ cm ⁻³		mm h ⁻¹
Latossolo Vermelho Eutrófico Típico	1,54	0,243	0,2782	0,0569	6,5
Profundidade (cm)	Argila		Silte	Areia	
			g kg ⁻¹		
0-20	134		85	781	

Tabela 3. Caracterização química do utilizado no experimento: Latossolo Vermelho eutrófico típico, Piracicaba-SP, Brasil.

Profundidade (cm)	pH	Al	(H+Al)	Ca	Mg	Na	SB	t	T
		0	1,5	2,0	1,0	0,3	3,4	3,4	4,9
0-20	5,3	V		m	P		K		
				%			mg dm ⁻³		
		69		0	5,3		61		

SB– soma de bases; **t**- CTC efetiva; **T**- CTC a pH 7,0; **V**- saturação por bases; **m**- saturação por alumínio da CTC efetiva.

3.5. Sistema de irrigação

O método de microirrigação adotado foi um sistema por gotejamento, cujos emissores autocompensantes (Naan Daan Jain) apresentavam vazão nominal igual a 4 L h⁻¹. As linhas laterais do sistema foram mangueiras de polietileno DN 13 mm; a linha principal do sistema foi uma tubulação de policloreto de vinila (PVC) DN 19 mm.

Os reservatórios de água dos experimentos apresentavam capacidades de 500 e 1.000 litros. O reservatório de 500 litros, instalado fora da casa de vegetação, foi abastecido por água de chuva; esta foi coletada a partir de calhas de escoamento pluvial da casa de vegetação e o reservatório de 1.000 litros recebia água da chuva coletada pelo reservatório externo, e em casos de escassez pluviométrica, recebia também água potável do reservatório central de água do Departamento de Engenharia de Biosistemas. Semanalmente foram realizadas análises químicas com o objetivo de monitorar a qualidade da água por meio dos valores de pH, condutividade elétrica, potássio e sódio (XU et al., 2007).

O sistema de microirrigação instalado dentro da casa de vegetação foi constituído por um conjunto moto-bomba (KSB Hydrobloc 0,5 cv 3450 rpm). Foi utilizada tanto no recalque auanto na sucção uma tubulação de PVC DN 25 mm. O conjunto moto-bomba foi instalado junto ao reservatório de água cujo volume era de 1.000 litros. No início de cada linha de derivação foram instalados registros de esfera com o objetivo realizar o manejo da irrigação dos tratamentos de forma independente. A pressão de serviço adotada no funcionamento do sistema de irrigação foi de 0,2 MPa ($2,0 \text{ kgf cm}^{-2}$) sendo controlada com manômetro de Bourdon.

Antes do início de cada experimento o sistema de irrigação foi submetido a um teste de avaliação do desempenho hidráulico para a determinação do Coeficiente de Uniformidade de Wilcox-Swales (CUE) e medição da vazão real dos emissores (Figura 8), utilizando metodologia apresentada em Kumar et al. (2015).

Figura 8. Avaliação do desempenho do Sistema de irrigação. Foto: Maria Alejandra Moreno.

3.5.1. Desempenho hidráulico do sistema de irrigação

O resultado da avaliação do desempenho hidráulico do sistema de irrigação realizado antes da condução do experimento primavera/verão é apresentado na Tabela 4. A descarga média dos emissores variou entre $3,29$ e $3,72 \text{ L h}^{-1}$, sendo normalmente inferior à descarga descrita pelo fabricante. Verificou-se que o

Coeficiente de uniformidade de Christiansen média do sistema equivalente a 96,15%, está dentro do limite permitido pelos critérios ASAE (KUMAR et al., 2015).

Tabela 4. Desempenho hidráulico do sistema microirrigação por gotejamento em casa de vegetação, experimento primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil.

ET _o	Q _{real} (L h ⁻¹)	q _{var} (%)	CUC (%)	CUE (%)	UD (%)
25%	3,29	16,13	95,54	93,26	95,29
50%	3,72	15,15	96,24	94,51	94,35
75%	3,45	16,13	94,68	93,16	93,61
100%	3,64	11,11	97,07	95,87	95,60
125%	3,59	12,50	94,71	93,80	95,26
150%	3,31	5,36	98,69	98,06	98,03
Média	3,50	12,73	96,15	94,78	95,36
Desvio-padrão	0,18	-	-	-	-
Coeficiente de variação	5,13	-	-	-	-

Q_{real}– descarga real do emissor (L h⁻¹); **q_{var}**- variação de descarga do emissor (%) **CUC**- Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); **CUE**- Coeficiente de uniformidade de emissão (%); **UD**- Uniformidade de distribuição (%).

No segundo experimento, no outono/inverno, realizou-se manutenção e limpeza do sistema de irrigação e foi realizada antes do início da condução do experimento uma nova avaliação do desempenho hidráulico do sistema de irrigação. Os resultados são apresentados na Tabela 5. A descarga média dos emissores variou entre 3,32 e 3,40 L.h⁻¹. O Coeficiente de uniformidade de Christiansen média do sistema equivalente a 97,83%, está dentro do limite permitido pelos critérios ASAE (KUMAR et al., 2015), e superior aos resultados obtidos no primeiro ciclo de experimentos.

Tabela 5. Desempenho hidráulico do sistema de microirrigação por gotejamento em casa de vegetação, experimento outono-inverno, Piracicaba-SP, Brasil.

ET _o	Q _{real} (L h ⁻¹)	q _{var} (%)	CUC (%)	CUE (%)	UD (%)
25%	3,35	5,23	98,01	97,72	97,51
50%	3,40	5,17	98,33	97,85	98,43
75%	3,32	4,09	99,00	98,48	99,10
100%	3,34	8,57	97,01	96,43	96,11
125%	3,39	8,62	97,94	96,84	97,05
150%	3,37	11,43	96,70	95,62	95,05
Média	3,36	7,19	97,83	97,16	97,21
Desvio-padrão	0,03	-	-	-	-
Coeficiente de variação	0,93	-	-	-	-

Q_{real}– descarga real do emissor (L h⁻¹); **q_{var}**- variação de descarga do emissor (%) **CUC**- Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); **CUE**- Coeficiente de uniformidade de emissão (%); **UD**- Uniformidade de distribuição (%).

A variação da descarga do emissor (q_{var}) foi de 12,73 e 7,19 %, no primeiro e no segundo experimento respectivamente. O que representa que nos dois experimentos a variação da descarga manteve-se dentro dos limites de 20% estabelecidas pelas normas da (ASAE, 1989).

A uniformidade de distribuição foi de 95,36 e 97,21%, no primeiro e no segundo experimento respectivamente. Estes resultados são semelhantes aos valores do CUC obtidos em ambos períodos de avaliação, portanto, o sistema qualifica os critérios de uniformidade de distribuição, qualificando o desempenho do sistema de irrigação como excelente.

3.6. Monitoramento da água no solo

O teor de água no solo foi monitorado pela técnica da reflectometria no domínio do tempo por meio de um Field Scout TDR 100. Foi realizada a calibração do equipamento considerando as condições de umidade volumétrica do solo, considerando cada leitura do conteúdo volumétrico de umidade do solo realizada nos com a TDR, imediatamente foi retirada uma amostra de solo indeformada do vaso para determinação da umidade volumétrica (UHLAND, 1951).

A equação de calibração do TDR para o solo realizada na casa de vegetação durante o período de 47 dias, durante um ensaio preliminar, constituído por três unidades amostrais de vasos de 15 litros com 20 kg de solo. Os valores do conteúdo volumétrico de umidade do solo realizada com o TDR e de umidade volumétrica obtida no laboratório foram submetidos a uma regressão linear para obtenção da equação de calibração (BATISTA et al., 2013; SANTOS, 2016) (Figura 5).

Figura 9. Equação de calibração do TDR usado para medir as mudanças nos valores de umidade volumétrica do solo.

O teor médio de água do solo foi coerente e a equação ajustada indica que os dados obtidos pelo TDR e a umidade volumétrica do solo observada encontram-se bem correlacionados, mostrando um bom acordo entre os métodos com base no valor satisfatório de $R^2 = 0,796$.

3.7. Manejo da irrigação

Os tratamentos de lâminas de irrigação foram de 25, 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração de referência (ET_o), aplicadas durante todo o ciclo. Foram considerados tratamentos com restrição hídrica os tratamentos de 25, 50 e 75% ET_o e sem restrição hídrica os tratamentos de 100, 125 e 150% ET_o.

A ET_o foi determinada diariamente pelo método de Penman-Monteith FAO 56, parametrizada por Allen et al. (1998) (equações 1, 2, 3, 4 e 5) utilizando dados meteorológicos registrados pelos sensores de temperatura e umidade relativa HMP45C-L (Campbell Scientific, Logan, UT), um piranômetro de silício e um anemômetro de 3 copos 014A-L Campbell Scientific conectados a um datalogger CR23X Campbell Scientific no interior da casa de vegetação. Os dados desses instrumentos foram registrados em intervalos de 15 min.

As lâminas de irrigação foram calculadas diariamente. O sistema de irrigação foi acionado a partir dos tempos de irrigação calculados para cada lâmina de irrigação. A ETo foi calculada diariamente e o tempo de irrigação calculado pela Equação 6, sendo a variável dependente do valor da ETo do dia anterior ao evento de irrigação. O manejo da irrigação via clima foi adotado aos 30 dias após o transplântio das mudas. No primeiro mês de cultivo (DAT < 30 dias) a aclimação das mudas foi feita por meio do monitoramento do conteúdo de água no solo, sendo a lâmina de irrigação a ser aplicada determinada em função do conteúdo volumétrico da umidade do solo mediante o uso da TDR (Figura 9 e Equação 7) (XU et al., 2007).

$$ETo = \frac{0,408 \cdot s \cdot (Rn - G) + \gamma \cdot 900 \cdot U_2 \left[\frac{e_s - e_a}{T_d + 273} \right]}{s + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (\text{Equação 1})$$

$$G = 0,38 \cdot (T_d - T_{3d}) \quad (\text{Equação 2})$$

$$e_s = \frac{\left\{ 0,6108 \cdot e^{\left[\frac{(17,27 \cdot T_{máx})}{(237,7 + T_{máx})} \right]} + 0,6108 \cdot e^{\left[\frac{(17,27 \cdot T_{mín})}{(237,7 + T_{mín})} \right]} \right\}}{2} \quad (\text{Equação 3})$$

$$e_a = \frac{(UR \cdot e_s)}{100} \quad (\text{Equação 4})$$

$$s = \frac{4098 \cdot e_s}{(T + 237,3)^2} \quad (\text{Equação 5})$$

$$Ti = \frac{\left(\frac{\% Eto}{Ea} \right) \cdot Av}{qe} \quad (\text{Equação 6})$$

$$Ti = \frac{\left[\frac{(0,243 - \theta) \cdot 200}{Ea} \right] \cdot Av}{qe} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que: ETo - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Rn - radiação líquida total diária (MJ m⁻² dia⁻¹); G- fluxo total diário de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); γ - constante psicométrica (0,063 kPa°C⁻¹); Td - temperatura média diária (°C); U₂ - velocidade do vento a 2 m do solo (m s⁻¹); e_s - pressão de saturação de vapor (kPa); e_a - pressão parcial de vapor (kPa); s - taxa de variação da pressão de vapor em relação à temperatura (kPa°C⁻¹); Ea – Eficiência de aplicação do sistema de irrigação (decimal); Av – Área do vaso (m²); Ti- tempo de irrigação (h), qe- vazão do gotejador (L.h⁻¹); θ – umidade volumétrica atual (cm³ cm⁻³).

3.8. Condução dos experimentos

As mudas foram transplantadas, 60 dias após o plantio (DAP) das estacas matriciais, nos vasos com volume de 11 L (dimensões 27,5 x 24,7 x 22,1 cm) preenchidos com uma camada de brita nº 2. Após 45 dias do transplântio das mudas de carqueja para os vasos, foi realizada um corte de uniformização das mudas na altura de 15 cm acima baseado nas recomendações de Andrião (2010), considerada como a primeira colheita, devido às condições destes experimento. No período primavera/verão a data do transplântio das mudas foi o 28/09/2015. Foram realizadas 3 colheitas aos 45, 95 e 205 dias após o plantio (DAT). No segundo experimento, correspondente ao período outono/inverno o transplântio das mudas foi realizado em 09/05/2016 e realizadas 3 colheitas aos 46, 119 e 182 DAT.

O controle fitossanitário foi realizado por meio de placas adesivas, caldas orgânicas, controle mecânico e aplicação de óleo de nim (POTERA, 2011). Para o controle de pulgões e tripses, utilizou-se a solução de sabão de coco, pimenta e alho preparada dissolvendo se 15 gramas de sabão neutro em um litro de água quente, 30 gramas de alho e 15 gramas de pimenta vermelha. Com o intuito de evitar a interação de produtos químicos na produção do óleo essencial.

3.9. Parâmetros avaliados

A altura das plantas foi determinada semanalmente com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, considerando a base da planta até a maior folha desenvolvida (BENINCASA, 2003). As avaliações de crescimento das plantas foram realizadas desde o momento do transplântio. Os parâmetros avaliados foram número de folhas (NF) e altura de planta (AP) em centímetros, determinada com régua graduada em milímetros, a partir do coleto da planta até o ponto superior da haste maior.

Determinou-se área foliar da parte aérea de todas as plantas em cada uma das colheitas considerando os lados trialados da folha, por intermedio do planímetro de digitalização o Li- 3100 (Li-Cor®); para isto todas as folhas coletadas foram

cortadas longitudinalmente com um estilete, com o intuito de garantir a inserção adequada de todos os lados da folha fresca dentro do integrador de área (Figura 6).

Figura 10. Corte longitudinal da folha fresca trialada (A); Inserção da folha cortada no do integrador de área planímetro de digitalização Li- 3100 (Li-Cor®). Fotos: Maria Alejandra Moreno.

3.10. Produção de biomassa

Foram realizadas seis colheitas no total, em dois anos de experimento. No ciclo primavera/verão: aos 45, 95 e 205 DAT e no ciclo outono/inverno aos 46, 119 e 182 DAT, sendo as duas últimas dos rebrotos. A altura de corte foi de 15 cm acima do solo para favorecer a rebrota; todas as colheitas foram realizadas ao nascer do sol dependendo do período do ano (entre as 5:30 às 7:00), para garantir o teor máximo dos óleos essenciais, os quais são atingidos nos horários da manhã (BONA et al., 2005; MARCHESE; FIGUEIRA, 2005; GARCÍA, 2013)

No primeiro ciclo, a primeira colheita (45 DAT) ocorreu no dia 13 de novembro de 2015, na primavera. A segunda colheita ou colheita do primeiro rebroto (95 DAT), ocorreu no dia 16 de fevereiro de 2016, no verão. A terceira colheita ou colheita do segundo rebroto (205 DAT), ocorreu no dia 19 de abril de 2016 (final do verão).

No ciclo de outono/inverno, a primeira colheita (46 DAT) ocorreu no dia 24 de junho de 2016 no outono. A segunda colheita ou colheita do primeiro rebroto (119 DAT), ocorreu no dia 5 de setembro de 2016, no final do inverno. A terceira colheita ou colheita do segundo rebroto (182 DAT), ocorreu no dia 7 de novembro de 2016.

Após cada colheita, os materiais cortados das seis plantas de cada tratamento foram colocados em sacos individuais de papel do tipo Kraft e pesadas para obtenção da matéria fresca. A biomassa fresca da parte aérea foi determinada

por meio de balança de precisão; considerou-se parte aérea os componentes da planta que estavam acima da altura de corte definida. Em seguida, as plantas foram desidratadas em estufas elétricas com ventilação forçada de ar com temperatura controlada a 40°C até atingir peso constante (ANDRIÃO, 2010; GARCÍA, 2013). Em seguida, os sacos de papel contendo as plantas desidratadas e fragmentadas (SILVA et al., 2010), foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados. Ao final do ciclo foi contabilizada a massa seca total da parte aérea das três colheitas (MSPA em kilogramas).

3.11. Produtividade da água

A produtividade da água (PA) foi determinada ao final das três colheitas considerando a produção final da cultura e a lâmina de irrigação aplicada no ciclo total após o transplântio (Equação 8), ou seja, é a razão entre a produção atingida pela cultura e a quantidade de água utilizada (BAHREININEJAD; RAZMJOO; MIRZA, 2013; JAAFAR et al., 2015).

$$PA = \frac{MSPA}{I} \quad (\text{Equação 8})$$

Em que: PA - produtividade da água (kg m^{-3}); I – Volume aplicado (m^{-3}); MSPA - massa seca total da parte aérea das três colheitas (kg).

3.12. Conteúdo relativo de água na folha

As avaliações de conteúdo relativo de água nas folhas (CRA) foram utilizadas para avaliar os efeitos da deficiência hídrica nas plantas (PACHECO; CAMARGO; SOUZA, 2011; SANTOS et al., 2012; ALBUQUERQUE et al., 2013). O CRA (Equação 9) foi determinado nas três folhas mais desenvolvidas de cada planta correspondente a cada tratamento em cada uma das colheitas, nos dois ciclos. As folhas foram cortadas com vazador de cilindros de 4 mm de diâmetro e os discos foliares foram pesados frescos e imersos em água destilada por 24 horas em placa de vidros relógios, os quais foram vedados com papel filme de PVC, para obtenção da massa saturada. Em seguida, os cilindros foram colocados em estufa de secagem a 50°C durante 48 horas e novamente pesados.

$$CRA = \frac{100.(MMf - MMs)}{(Msat - MMs)} \quad (\text{Equação 9})$$

Em que: MMf – massa da matéria fresca (g); MMs – massa da matéria seca (g); Msat – massa saturada (g).

3.13. Potencial hídrico na folha

Outro parâmetro utilizado para avaliar os efeitos do déficit hídrico foi o potencial hídrico foliar (Ψ_w ou PHF). A amostragem foi realizada em cada colheita em uma das faces da folha mais desenvolvida por triplicata, entre as 5h30 e 6h00, como recomendado por Albuquerque et al. (2013). As amostras foram imediatamente analisadas por meio da câmara de pressão do tipo Scholander, modelo 670 (Pms Instrument Co., Albany, OR, EUA), conforme descrito por Slavick (1974); Pinheiro et al. (2005); Albuquerque et al. (2013).

3.14. Resposta do suprimento de água sobre o rendimento

Com os valores obtidos no ensaio foi quantificada a resposta do suprimento de água sobre o rendimento por meio do fator de resposta da cultura (K_y) que relaciona a redução relativa da produção e o déficit de evapotranspiração relativo. A quantificação do K_y para os tratamentos com déficit hídrico foi obtida pela Equação 10 (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = K_y \cdot \left(1 - \frac{ET_r}{ET_m}\right) \quad (\text{Equação 10})$$

Em que: Y_r – produção real obtida em cada tratamento (produção final média por vaso após as três colheitas em g); Y_m – produção potencial obtida no tratamento 100% ET_o (produção final média por vaso após as três colheitas em g); K_y – coeficiente de resposta da cultura; ET_m – lâmina de irrigação obtida no tratamento 100% ET_o (mm) e ET_r – lâmina real de irrigação para cada tratamento (mm).

3.15. Óleo essencial

O óleo essencial da carqueja foi obtido por meio da hidrodestilação, com uso de um Clevenger, seguindo metodologia descrita por Clevenger (1928), utilizando a biomassa seca e triturada manualmente. Em seguida, o material foi imerso em água deionizada contida em balão volumétrico (2 L). Após a extração, o óleo essencial foi

coletado e armazenado em vidro âmbar devidamente identificados. Os frascos foram mantidos em temperatura controlada de 1 °C negativo até o momento da análise da composição química (CLEVINGER, 1928; GARCÍA, 2013; ASENSIO; GROSSO; JULIANI, 2015).

A partir da hidrodestilação foi determinado o teor (%). O teor é definido como a razão entre a massa de óleo essencial extraído pela biomassa seca da parte aérea submetida à extração (Equação 11).

$$\text{Teor(\%)} = \frac{\text{MO}}{\text{BMS}} \times 100 \quad (\text{Equação 11})$$

Em que: MO – massa de óleo obtida (g); BMS – biomassa seca (g).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dados meteorológicos

Ao longo do período de experimentação primavera/verão a temperatura mínima e máxima do ar apresentaram valores de 14,66 e 44,13 °C respectivamente e umidade relativa média de 74,94 % (Figura 12). Os valores médios de temperatura mínima, média do ar e a umidade relativa registrados na primeira colheita (45 DAT), segunda colheita (95 DAT) terceira colheita (205 DAT) são apresentados na Tabela 7.

Figura 12. Monitoramento ao longo dos dias da temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar e a umidade relativa média durante o experimento primavera/verão.

Tabela 7. Valores médios de temperatura mínima e máxima, umidade relativa média do ar registrados na primeira colheita (45 DAT), segunda colheita (95 DAT) terceira colheita (205 DAT) no período primavera/verão

Primavera/Verão			
DAT	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Umidade relativa média (%)
45	21,36	35,95	74,27
95	21,67	36,28	73,60
205	20,54	35,59	73,50

As variáveis meteorológicas registradas nos dois ciclos de cultivo da carqueja apresentaram valores extremos (14,66 e 44,13 °C) comparado à amplitude térmica requerida pela carqueja. Andrião (2010) manteve a temperatura na faixa de 27 a 35°C e umidade relativa do ar a 50-60% durante os meses de novembro, dezembro de 2008 e janeiro de 2009, em casa de vegetação em Araraquara, SP, conforme recomendado em experimentos com *B. articulata*, *B. trimera* e *B. stenocephala* realizados em Paraná por Biasi e Bona (2000). Já García (2013) registrou em Botucatu, SP, temperaturas mínimas média de 16,67 e 27,70°C, com máxima ocorrendo em fevereiro de 31,44°C e mínima em junho de 10,75°C no período de fevereiro de 2011 a fevereiro de 2012. Segundo Fachinello et al. (1994) e Bona et al. (2005) comentam que o aumento da temperatura favorece a divisão celular; porém, pode favorecer a transpiração excessiva em estacas herbáceas e semilenhosas, bem como a brotação sem que tenha havido o enraizamento, o que é indesejável para esta cultura. Com base na revisão da literatura verificou-se a inexistência de informação referente à temperatura basal desta cultura.

Ao logo do período de experimentação outono/inverno a temperatura mínima e máxima do ar apresentaram valores de 2,38 e 41,13 °C respectivamente, assim como a umidade relativa média de 74,94 % (Figura 13). Todavia, os valores de temperatura mínima registrados, principalmente nos meses junho e julho de 2016, extrapolaram o limite inferior da amplitude térmica desejável para a cultura sugerido por Andrião (2010). Os valores médios de temperatura mínima, média do ar e a umidade relativa registrados na primeira colheita (46 DAT), segunda colheita (119 DAT) terceira colheita (182 DAT) são apresentados na Tabela 8.

García (2013) e Santos et al. (2003) notaram que o teor de óleo essencial em *B. trimera* reduziu-se com a diminuição da temperatura e da precipitação pluviométrica e, aumentou quando esses dois fatores também aumentaram.

Figura 13. Monitoramento ao longo dos dias da temperatura mínima do ar, temperatura máxima do ar e a umidade relativa média durante o experimento outono/inverno.

Tabela 8. Valores médios de temperatura mínima e máxima, umidade relativa média do ar registrados na primeira colheita (46 DAT), segunda colheita (119 DAT) terceira colheita (182 DAT) no período outono/inverno.

Outono/inverno			
DAT	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Umidade relativa média (%)
46	13,46	27,96	77,59
119	11,85	31,46	67,61
182	17,09	34,30	68,70

A radiação global registrada durante o experimento primavera/verão apresentou valores elevados durante a primeira e a segunda colheita. A partir de mediados do mês de fevereiro ocorre a queda na radiação e consequentemente da PAR. Na segunda colheita (95 DAT) do ciclo primavera/verão aconteceram valores externos de radiação global atingindo valores máximos de $574,60 \text{ W m}^{-2}$. Silva et al.

(2005) relatam que a carqueja responde positivamente ao aumento da irradiação, reduzindo o número de ramas, nodos, diâmetro, acumulação da biomassa aérea e raízes, elevando a porcentagem de óleos essenciais e o rendimento por planta.

Os maiores valores da evapotranspiração de referência no período primavera/verão foram obtidas na segunda colheita aos 95 DAT (Figura 14).

Figura 14. Evapotranspiração de referência (Eto) determinada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 durante o experimento primavera/verão.

No ciclo outono/inverno, foi registrada no último período de avaliação (182 DAT) a máxima radiação global de $384,60 \text{ W m}^{-2}$, em contraste com os elevados valores registrados no ciclo primavera-verão. Observou-se também que a radiação menos intensa, pode ter influenciado no desenvolvimento de folhas mais finas e mais largas. Essas adaptações morfológicas às intensidades de radiação favorecem uma melhor intercepção de luz, resultando em maiores rendimentos de biomassa seca (SILVA et al., 2006).

A composição do óleo essencial foi significativamente afetada pelos níveis de radiação (LETCHAMO et al., 1994; LETCHAMO; XU; GOSSELIN, 1995). Diferentes níveis de radiação apresentaram rendimentos distintos de óleo essencial em *Lippia alba* (Mill.) N.E., obtendo-se o rendimento máximo ao mais alto nível de irradiação (VENTRELLA; MING, 2000; MELO SILVA, 2013).

Os maiores valores da evapotranspiração de referência no período outono/inverno foram obtidos ao final da primeira colheita aos 46 DAT (Figura 15).

Figura 15. Evapotranspiração de referência (Eto) determinada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 durante o experimento outono/inverno.

4.2. Parâmetros avaliados

4.2.1. Área Foliar

A área foliar média final das plantas na primeira colheita (45 DAT) apresentou os valores mais baixos nos tratamentos de níveis elevados de reposição hídrica, no período primavera/verão, conforme pode ser observado na Figura 16. Na segunda colheita, realizada aos 95 DAT, foi observado o desenvolvimento de maior área foliar nos tratamentos 100 e 150 %. Na última colheita, aos 205 DAT os tratamentos de déficits hídrico apresentaram uma diminuição na área foliar. As plantas submetidas ao estresse hídrico mais severo (25% de reposição hídrica) foram as que desenvolveram a menor área foliar neste período.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos 100 e 125% aos 45 DAT (Tabela 9). O oposto aconteceu em todos os demais tratamentos durante a segunda colheita, com diferenças significativas em todas as AF nos diferentes níveis

de reposição hídrica, sendo o tratamento a irrigação plena de 100% aos 95 DAT o que apresentou a maior área foliar nos dois ciclos de experimentos com 1,88 m². Comparativamente, as áreas foliares apresentaram uma diminuição em todos os tratamentos durante a última colheita aos 205 DAT.

Figura 16. Área foliar (AF) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

Tabela 9. Resultados médios em (m²) da área foliar (AF) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.

Primavera/verão					
Níveis de reposição hídrica	DAT				
	45		95		205
25	0,56	AB	0,75	D	0,23 B
50	0,39	B	1,02	CD	0,59 AB
75	0,67	A	1,27	C	0,59 AB
100	0,60	AB	1,88	A	1,25 A
125	0,61	AB	1,31	BC	1,12 AB
150	0,79	A	1,75	AB	1,24 A

Outono/inverno					
Níveis de reposição hídrica	DAT				
	46		119		182
25	0,20	AB	0,31	D	0,12 C
50	0,17	AB	0,55	CD	0,26 BC
75	0,15	AB	0,94	BC	0,38 ABC
100	0,12	B	1,16	AB	0,49 AB
125	0,24	A	1,42	AB	0,60 A
150	0,20	AB	1,46	A	0,28 BC

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No segundo ciclo (Figura 17) correspondente ao período outono/inverno as áreas foliares desenvolvidas pelas plantas apresentaram valores baixos durante a primeira colheita (46 DAT). Manteve-se um incremento nos valores de área foliar durante a segunda colheita (119 DAT). Encontrando-se a maior área foliar desenvolvida no tratamento 125% de reposição hídrica na última colheita aos 119 DAT.

No período outono/inverno não houve diferenças significativas entre os tratamentos 25, 50, 75 e 150% aos 46 DAT. Neste período a maior área foliar foi desenvolvida durante a segunda colheita aos 119 DAT no tratamento 150%. Neste sentido, na terceira colheita de inverno, os resultados aqui apresentados foram muito inferiores comparados a última colheita do ciclo primavera/verão.

Figura 17. Área foliar (AF) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

Respostas similares foram verificadas em épocas sazonais na cultura do orégano em diversas localidades: Mount Pangeon, Grécia (KOFIDIS; BOSABALIDIS; MOUSTAKAS, 2003) e verificadas na mesma cultura em casa de vegetação em Piracicaba (SANTOS, 2016). O aumento da área foliar responde à ampliação da absorção de radiação para atender a demanda evapotranspirométrica da época sazonal, desta forma as plantas produzem folhas com epidermes e

mesófilos espessos para garantir turgor celular e o armazenamento de água nas folhas (MORTENSEN, 2014).

A área média foliar (AF) do tratamento 100% Eto das plantas depois dos 100 DAT dias foi de 1,88 e 1,16 m² no período do verão e inverno respectivamente, resultados extremamente maiores do que os encontrados por Castro et al. (2002) que aos 117 dias após o transplante as plantas tinham cerca de 0,33 m² de área foliar, e maiores que os encontrados por Castro et al. (1999), que em plantas de (*Baccharis myriocephala* DC) aos 65 dias de idade encontraram valores médios de área foliar de 1,37 m².

4.2.2. Número de Folhas

O número de folhas (NF) por planta apresentados na Figura 18 demonstrou que os tratamentos não apresentaram efeitos durante os primeiros 45 dias deste ciclo. Na segunda colheita aos 95 DAT se apresentaram aumentos no desenvolvimento do número de folhas na medida que foram aumentados os níveis de reposição hídrica, sendo o tratamento correspondente à irrigação plena o mais favorável para esta variável neste período. Observou-se uma diminuição no desenvolvimento dos rebrotos da terceira colheita, mantendo-se o tratamento 100% com a melhor resposta.

Figura 17. Número de folhas (NF) média final das plantas em cada colheita: 45; 95 e 205 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

No ciclo outono/inverno (Figura 19), observou-se menor desenvolvimento de número de folhas durante todo o ciclo, pode-se inferir que a *Baccharis crispa* Spreng. apresenta dependência das épocas sazonais. Respostas diversas foram observadas nas plantas cultivadas em diferentes épocas sazonais. A emissão de folhas foi estimulado pelas maiores temperaturas e assim as plantas absorvem maior quantidade de luz, como foi corroborado em estudos realizados em coentro e orégano (TELICI; HIŞIL, 2008; RIOBA et al., 2015; SANTOS, 2016).

Figura 18. Número de folhas (NF) média final das plantas em cada colheita: 46, 119, e 182 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

O maior número de folhas foi obtido no tratamento com irrigação plena (100%) com uma média de 88 folhas por planta no verão (Tabela 10). Neste período observou-se um comportamento similar entre os tratamentos mais próximos à irrigação plena (75% e 125%), possivelmente pela adaptação da cultura aos níveis de reposição hídrica (MARQUES et al., 2015; MORENO PIZANI et al., 2015).

O contrário foi observado comparando os tratamentos 75 e 100% Eto que mantiveram um aumento no número médio de folhas por planta durante a segunda e terceira colheita aos 119 e 182 DAT, respectivamente

Para todos os tratamentos, tanto ciclo primavera/verão quanto no período outono/inverno, não houve diferença significativa na primeira colheita (45 DAT) assim como na terceira colheita (205 DAT), ou seja, que na medida que se aumentou a lâmina aplicada não houve incremento no NF, no ciclo primavera verão. No outono inverno destaca só o tratamento 125% Eto de reposição hídrica que apresentou o maior número de folhas neste período.

Tabela 10. Resultados médios do número de folhas (NF) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.

Primavera/verão						
Níveis de reposição hídrica			DAT			
	45		95		205	
25	24	A	33	C	21	A
50	23	A	48	BC	26	A
75	26	A	67	ABC	19	A
100	25	A	88	A	44	A
125	26	A	65	ABC	30	A
150	31	A	78	AB	43	A

Outono/inverno						
Níveis de reposição hídrica			DAT			
	46		119		182	
25	8	A	19	C	32	AB
50	19	A	21	BC	28	B
75	8	A	36	AB	42	AB
100	5	A	35	AB	34	AB
125	9	A	48	A	43	A
150	7	A	46	A	45	A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.2.3. Altura da planta

Conseqüentemente com as variáveis analisadas anteriormente (AF e NF), os efeitos dos tratamentos sobre o comprimento da folha foram evidenciados desde a segunda colheita do ciclo primavera/verão. Na segunda colheita 95 DAT o tratamento 75% e 150% Eto teve efeito sobre a altura da planta. Observou-se uma diminuição geral na altura da planta durante a última colheita deste período, sendo o tratamento 25% o que apresentou uma amplitude maior nas médias, no entanto, os tratamentos 100 e 125% mostraram comprimentos de folha superiores a 60 cm (Figuras 18 e 19).

Não houve diferencia significativa entre a altura da planta de todos os tratamentos na primeira colheita aos 46 DAT. Entre os valores de comprimento da

folha principal média das três colheitas no ciclo outono/inverno em função dos tratamentos (Figura 19), notou-se que a altura média final das plantas aos 119 DAT atingiram os maiores valores em relação às todas as colheitas deste período.

Figura 18. Altura (AP) média final das plantas em cada colheita: 45; 95 e 205 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

Figura 19. Altura (AP) média final das plantas em cada colheita: 46; 119 e 182 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

A altura média de planta aos 45 dias superou os 60 cm, resultados inferiores aos encontrados por Castro et al. (1999) que em plantas de 65 dias de idade

atingiram 78,31 cm, e são superiores aos encontrados por Castro et al. (2002) que aos 117 dias as plantas atingiram 40 cm de altura.

Na Tabela 11 nota-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos durante a primeira colheita (45 DAT) na primavera. Durante a terceira colheita deste período o tratamento 25% Eto foi o mais sensível ao déficit hídrico, no entanto o tratamento 125% apresentou a maior média no comprimento de folha neste período. As plantas do tratamento 75% podem ser consideradas como as melhores adaptadas à condição de deficiência hídrica, considerando como parâmetro o desenvolvimento das folhas, tanto no ciclo primavera/verão quanto no outono/inverno. Porém, é interessante observar que a sazonalidade também teve efeitos sobre o maior crescimento da planta no primeiro ciclo.

Tabela 11. Resultados médios em (cm) da altura das plantas (AP) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono/inverno.

Primavera/verão						
Níveis de reposição hídrica	DAT					
	45		95		205	
25	61,07	A	55,87	AB	34,93	B
50	57,32	A	61,12	AB	47,25	AB
75	61,80	A	70,33	A	46,47	AB
100	63,53	A	68,93	A	56,58	A
125	65,20	A	65,72	AB	62,89	A
150	67,53	A	68,93	A	52,85	A

Outono/inverno						
Níveis de reposição hídrica	DAT					
	46		119		182	
25	49,07	A	37,75	C	19,08	B
50	49,18	A	51,75	BC	26,16	AB
75	50,60	A	61,67	AB	35,20	A
100	46,27	A	59,50	AB	35,20	A
125	50,00	A	68,17	A	35,20	A
150	50,50	A	62,42	AB	33,00	A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.3. Deficiência hídrica

4.3.1. Conteúdo relativo da água na folha

O comportamento do conteúdo relativo da água na folha é apresentado na Figura 20 para o período primavera/verão. Pode-se observar que tanto na primeira quanto na segunda colheita os valores do CRA foram baixos, sem efeitos dos tratamentos nesta variável. Essa mesma característica foi diferente aos 205 DAT, encontrando-se reduções expressivas nos valores de CRA nas plantas irrigadas em comparação com as com deficiência hídrica.

Figura 20. Conteúdo relativo da água na folha (CRA) médio final das plantas em cada colheita: 45; 95 e 205 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

O contrário foi observado no ciclo outono/inverno comparando os tratamentos de irrigação deficitária na primeira colheita, eles obtiveram resultados superiores de CRA comparado com as colheitas aos 119 e 182 DAT (Figura 21). Deste modo, o menor valor de CRA foi encontrado no tratamento 75% aos 182 DAT.

Figura 21. Conteúdo relativo da água na folha (CRA) médio final das plantas em cada colheita: 46; 119 e 182 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

O conteúdo relativo da água na folha não apresentou diferença significativa em relação com os níveis de reposição hídrica no período primavera/verão (Tabela 10), resultado como valor médio 80,06% no tratamento 75% aos 205 DAT.

Esta mesma característica não foi estatisticamente distinta para todos os níveis de reposição hídrica em todas as colheitas (Tabela 12), no ciclo outono/inverno, sendo o maior valor médio de CRA o obtido no tratamento 150% na primeira colheita deste período aos 46 DAT com um valor de 41,45 %, coincidindo com os resultados obtidos por Albuquerque et al. (2013) na capacidade de plantas jovens irrigadas de *Khaya ivorensis* em recuperar seu status hídrico após período de déficit hídrico. No período outono/inverno os resultados coincidem com obtidos por Pacheco; Camargo; Souza, (2011), em experimento realizado com *Calendula officinalis* L, em casa de vegetação de julho a dezembro de 2005

Tabela 12. Resultados médios do conteúdo relativo da água na folha (CRA) (%) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.

Níveis de reposição hídrica	Primavera/verão		
	DAT		
	45	95	205
25	11,06 A	14,96 A	73,77 A
50	20,29 A	10,11 A	71,51 A
75	19,25 A	11,44 A	80,06 A
100	16,92 A	5,79 A	58,88 A
125	12,73 A	6,35 A	59,69 A
150	15,73 A	8,03 A	58,88 A

Outono/inverno						
Níveis de reposição hídrica			DAT			
			46	119	182	
25	35,31	A	28,74	A	22,69	A
50	41,17	A	25,53	A	20,29	A
75	43,66	A	20,33	A	17,64	A
100	37,35	A	26,99	A	21,63	A
125	39,63	A	19,60	A	22,54	A
150	41,25	A	25,79	A	20,69	A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.3.2. Potencial hídrico na folha

Os dados do potencial hídrico da água na folha são apresentados na Figura 22 para o período primavera/verão. Pode-se observar um importante incremento nos valores obtidos nos tratamentos deficitários 25%, sendo superiores os valores obtidos na última colheita deste período.

Figura 22. Módulo do potencial hídrico da água na folha (PHF) médio final das plantas em cada colheita: 45; 95 e 205 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

Observando-se no ciclo outono/inverno e comparando os tratamentos de irrigação deficitária na segunda colheita verifica-se resultados inferiores de PHF quando comparados às colheitas aos 119 e 182 DAT. Deste modo, o maior valor de PHF foi encontrado no tratamento 25% aos 119 DAT (Figura 23).

O potencial hídrico da água na folha apresentou diferença significativa em relação aos níveis de reposição hídrica no período primavera/verão em todas as colheitas (Tabela 13), resultadando no maior módulo de valor médio 1,08 MPa no tratamento 25% aos 205 DAT. Comparativamente, os tratamentos com excesso de irrigação apresentaram médias de entre 0,22 e 0,38 MPa o que representa que estes tratamentos foram 79,6% superiores em relação aos tratamentos deficitários.

Figura 23. Módulo do potencial hídrico da água na folha (PHF) médio final das plantas em cada colheita: 46; 119 e 182 DAT em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

Tabela 13. Resultados médios em (MPa) do módulo do potencial hídrico da água na folha (PHF) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.

Primavera/verão				
Níveis de reposição hídrica	DAT			
	45	95	205	
25	0,78 A	0,67 A	1,08 A	
50	0,53 B	0,57 AB	0,94 AB	
75	0,43 BC	0,50 ABC	0,67 B	
100	0,29 CD	0,43 BC	0,38 C	
125	0,23 D	0,39 BC	0,38 C	
150	0,22 D	0,36 C	0,32 C	

Outono/inverno					
Níveis de reposição hídrica			DAT		
	46		119		182
25	0,70 A		1,31 A		1,05 A
50	0,64 B		1,19 AB		0,88 B
75	0,57 C		1,08 B		0,76 BC
100	0,48 D		0,85 C		0,64 C
125	0,41 E		0,72 CD		0,47 D
150	0,35 F		0,59 D		0,38 D

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Esta mesma característica foi estatisticamente significativa para todos os níveis de reposição hídrica em todas as colheitas, no ciclo outono/inverno, sendo o menor valor médio de PHF o obtido no tratamento 25% na segunda colheita deste período aos 119 DAT com um valor, em módulo de 1,31 MPa. De acordo Albuquerque et al. (2013), a diminuição do potencial hídrico foliar (PHF), é evidência do déficit hídrico nas plantas. Estes resultados verificam os encontrados por José (2014) em plantas de mangueira sob diferentes níveis de estresse hídrico em Piracicaba, corroborando que diminuição da turgescência é uma das sinais de estresse hídrico, provocando uma diminuição no crescimento e desenvolvimento das células, especialmente no caule e folhas. Ao contrastar estes resultados com o CRA se evidencia que a carqueja retém a água com mais força para manter a turgência.

4.4. Produção de biomassa

4.4.1. Biomassa fresca

A biomassa fresca (BMF) apresentada na Figura 24 demonstra o comportamento desta variável no período primavera/verão, sendo que o tratamento 100% na segunda colheita aos 95 DAT superou em 62,3% aos tratamentos com restrição hídrica no mesmo período.

No segundo ciclo correspondente ao período outono/inverno, as biomassas frescas desenvolvidas pelas plantas apresentaram valores comparativamente mais baixos durante a primeira colheita (46 DAT), sem demonstrar efeitos dos tratamentos

sobre esta variável. Manteve-se um incremento nos valores de BMF durante a segunda colheita (119 DAT), com valores que variaram em função dos níveis de reposição hídrica. Observou-se a maior área foliar desenvolvida no tratamento 150% de reposição hídrica na última colheita aos 119 DAT. Na terceira colheita (182 DAT), nota-se influência dos tratamentos sobre a produção de BMF, sendo estes valores superiores em 46,5% se comparado com a primeira colheita (46 DAT) (Figura 24).

Figura 24. Biomassa fresca (BMF) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

Figura 25. Biomassa fresca (BMF) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

Houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 14). Os tratamentos 75, 100 e 125% aos 45 DAT, apresentaram um comportamento similar, o tratamento 150% apresentou a maior produção de biomassa igual a 24,40 g. No período primavera/verão destaca o tratamento 100% na segunda colheita aos 95 DAT que obteve a maior média com 57,73 g planta⁻¹ de BMF. O comportamento dos tratamentos 50 e 75% tanto na primeira quanto na segunda colheita apresentaram rendimentos semelhantes.

Tabela 14. Resultados médios em (g planta⁻¹) da biomassa fresca (BMF) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.

Primavera/verão							
Níveis de reposição hídrica		DAT			Total		
		45	95	205			
T125		16,99 AB	17,19 D	5,84 B	14,18	C	
50		11,53 B	18,79 CD	13,73 AB	14,99	C	
75		17,25 AB	23,28 CD	15,46 AB	19,11	BC	
100		17,53 AB	57,73 A	30,56 A	35,29	A	
125		18,37 AB	37,01 BC	33,42 A	29,47	AB	
150		24,40 A	54,29 AB	33,83 A	37,53	A	

Outono/inverno							
Níveis de reposição hídrica		DAT			Total		
		46	119	182			
25		8,09 A	10,09 E	4,53 D	7,57	D	
50		5,40 AB	18,33 DE	8,78 CD	10,83	CD	
75		5,32 AB	30,35 CD	13,52 ABC	14,49	CD	
100		4,37 B	39,74 BC	16,22 AB	17,55	BC	
125		7,05 AB	51,03 AB	19,90 A	25,99	A	
150		5,93 AB	59,49 A	12,31 BC	25,91	AB	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar que no período outono/inverno as plantas submetidas ao tratamento 150% aos 119 DAT apresentou a maior produção de BMF. Comparativamente, o tratamento 25% na última colheita (182 DAT) apresentou o menor conteúdo com 4,53 g de BMF (Figura 25). Os valores médios de umidade da

planta encontrados no tratamento de irrigação plena (100%) na segunda colheita no verão 57,53 g aos 39,84 g aos 95 DAT no inverno são um pouco inferiores aos encontrados por García (2013), onde os teores de umidade, aos 120 dias após o transplante variaram entre 66,5 e 68,5%, com as plantas cultivadas em condições de campo.

4.4.2. Biomassa seca

Os resultados médios de biomassa seca da parte aérea na primeira colheita 45 DAT no período primavera/verão não apresentaram o efeito dos tratamentos de irrigação. Na segunda colheita se apresentaram os maiores conteúdos de BMS média por planta sendo os tratamentos 150, 100 e 75% de reposição hídrica os melhores em termos de produção neste período (Figura 26). Comparativamente, os valores médios de produção de BMS foram superiores na última colheita (205 DAT) comparado com a primeira colheita (45 DAT).

Durante os primeiros 46 DAT no período outono/inverno não se observaram efeitos dos tratamentos sobre a produção de BMS. No entanto, as plantas do tratamento 150% aos 119 DAT e 125% aos 205 DAT são consideradas como as melhores em termos de produção de BMS (Figura 27).

Figura 26. Biomassa seca (BMS) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

Figura 27. Biomassa seca (BMS) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

A Tabela 15 apresenta os resultados médios em gramas (g planta^{-1}) biomassa seca (BMS) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono/inverno. Avaliando as diferenças entre os tratamentos fica evidente que o tratamento 150% seguido do 100% aos 95 DAT no verão apresentou maior produção de BMS, em comparação com os demais, nos dois ciclos de avaliação. Em média a produção de BMS no

período primavera/verão foi superior comparado com o ciclo outono/inverno. Não houve diferenças significativas nas colheitas aos 45 DAT e aos 205 DAT.

Estes resultados podem contrastar-se com os resultados obtidos por Capra et al. (2014) com 6,91 e 2,085 g planta⁻¹ aos 60 DAT ambiente protegido com diferentes tratamentos homeopáticos. Entretanto, estes resultados são extremamente superiores aos encontrados por Andrião (2010), que em cultivo com adubação em casa de vegetação aos 60 dias após o transplante, as plantas atingiram no máximo 2,96 g e 0,63 g planta⁻¹ de massa seca.

Tabela 15. Resultados médios em (g.planta⁻¹) da biomassa seca (BMS) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.

Primavera/verão							
	Níveis de reposição hídrica		DAT				Total
			45		95		205
25	3,08	A	2,98	C	1,89	A	2,72 C
50	2,31	A	6,30	BC	4,21	A	4,45 BC
75	4,35	A	14,78	AB	4,18	A	9,03 A
100	2,72	A	17,36	AB	8,80	A	9,63 A
125	3,00	A	12,92	ABC	9,21	A	8,85 AB
150	4,15	A	18,24	A	9,07	A	10,48 A

Outono/inverno							
	Níveis de reposição hídrica		DAT				Total
			46		119		182
25	1,18	A	3,15	C	1,42	C	8,09 A
50	0,59	AB	5,26	BC	2,44	BC	5,40 AB
75	0,53	B	10,39	AB	3,72	AB	5,32 AB
100	0,51	B	12,60	A	4,39	AB	4,37 AB
125	0,80	AB	16,16	A	4,96	A	7,05 AB
150	0,66	AB	16,36	A	2,91	BC	5,92 AB

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados obtidos no primeiro ciclo foram inferiores aos apresentados por Davies (1997), que obteve 180 kg ha^{-1} de matéria seca de carqueja aos 150 DAT. Da mesma forma os resultados obtidos nos dois ciclos diferem dos apresentados por Palácio et al. (2007), os quais coletaram dados superiores de matéria seca (4600 kg ha^{-1}) de *Baccharis trimera* aos 180 DAT, com diferentes doses e fontes de nitrogênio (ureia e esterco ovino contendo 4, 8 e 16 g de N planta⁻¹). Estes autores sugerem que tal fato possa ter ocorrido pela capacidade inicial de crescimento da espécie assim como a influência das condições ambientais do local de cultivo (Pinhais-PR), se comparado com os resultados de crescimento obtidos nos dois ciclos foram menores na primeira colheita tanto aos 45 quanto aos 46 DAT (Piracicaba, SP). Segundo Silva et. al. (2006), a radiação tem um efeito sobre o crescimento da *B. trimera*, corroborando os melhores resultados obtidos durante o ciclo primavera/verão.

4.4.3. Produtividade da água

Na Figura 28 são apresentados os resultados dos tratamentos sobre a produtividade da água (PAB) nas três colheitas no período primavera/verão. Nota-se a resposta das plantas submetidas ao estresse hídrico mais severo 25% foram as que apresentaram maiores valores de produtividade da água só no início deste período.

Figura 28. Produtividade da água (kg m^{-3}) por biomassa (PAB) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

Figura 29. Produtividade da água (kg m^{-3}) por biomassa (PAB) média final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

O contrário foi observado comparando os tratamentos estabelecidos no período ciclo outono/inverno apresentados na Figura 29, onde no início deste ciclo não foi observada influência dos tratamentos na produtividade da água. Os maiores valores de PAB foram atingidos na segunda colheita deste período, de forma decrescente nos tratamentos 100, 125 e 150% aos 119 DAT. Neste sentido, na terceira colheita a melhor resposta foi obtida pelas plantas submetidas ao menor nível de reposição hídrica, 25% aos 182 DAT.

Avaliando as diferenças entre os tratamentos nos dois ciclos, apresentadas na Tabela 16 observa-se que os resultados de PAB foram maiores na primeira colheita do período primavera/verão aos 45 DAT, no tratamento 25% com uma PAB média igual a $6,67 \text{ kg m}^{-3}$. Não houve diferença significativa entre os tratamentos nas colheitas aos 95 e 205 DAT na primavera/verão.

As plantas na segunda colheita do período outono/inverno não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Neste período os tratamentos 75, 100 e 125% apresentaram um comportamento similar na terceira colheita aos 182 DAT, com uma PAB média de $0,93 \text{ kg m}^{-3}$.

Tabela 16. Resultados médios em (kg m^{-3}) da produtividade da água por biomassa (PAB) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono/inverno.

Primavera/verão				
Níveis de reposição hídrica	DAT			
	45	95	205	
25	6,67 A	0,71 A	0,73 A	
50	2,52 B	0,76 A	0,84 A	
75	3,12 B	1,16 A	0,56 A	
100	1,50 B	1,05 A	0,87 A	
125	1,29 B	0,61 A	0,71 A	
150	1,55 B	0,75 A	0,61 A	
Outono/inverno				
Níveis de reposição hídrica	DAT			
	46	119	182	
25	0,30 A	1,28 A	1,11 A	
50	0,08 B	1,08 A	0,96 A	
75	0,05 B	1,40 A	0,96 AB	
100	0,03 B	1,30 A	0,86 AB	
125	0,04 B	1,33 A	0,78 AB	
150	0,03 B	1,12 A	0,38 B	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.5. Teor de óleo essencial

Na Figura 30 são apresentados os resultados do teor de óleo essencial obtidos nas três colheitas durante o período primavera/verão. Não houve diferença significativa entre os tratamentos na primeira colheita aos 45 DAT. Durante a segunda colheita a produção de óleo foi a mais baixa neste período. Da mesma forma na terceira colheita aos 205 DAT os valores médios de teor de óleo essencial foram baixos, com exceção do tratamento 25% Eto que apresentou um comportamento similar ao próprio na primeira colheita.

Figura 30. Teor de óleo essencial (TO) em % médio final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo primavera/verão.

No ciclo outono/inverno a produção de óleo foi maior durante a primeira colheita como se observa na Figura 31. O tratamento 75 % Eto apresentou o maior teor de óleo par todas as colheitas deste período, seguido dos tratamentos 100, 125 e 150% em forma decrescente.

Figura 31. Teor de óleo essencial (TO) em % médio final das plantas em cada colheita: 45, 95, e 205 DAT, em função dos níveis de reposição hídrica, no ciclo outono/inverno.

Avaliando as diferenças entre os ciclos primavera/verão e outono/inverno a teor de óleo foi maior durante a segunda colheita de inverno como se observa na Tabela 17. Não houve diferença significativa entre os tratamentos da primeira colheita do ciclo primavera – verão aos 45 DAT. O tratamento deficitário de 75%

apresentou o maior teor de óleo aos 205 DAT no verão com 25,85% e aos 46 DAT no outono, com 14,22 %.

Tabela 17. Resultados médios em (%) teor de óleo essencial (TO) entre as colheitas de *Baccharis crispa* Spreng. em função dos níveis de reposição hídrica, nos ciclos primavera/verão e outono inverno.

Primavera/verão						
Níveis de reposição hídrica		DAT				
		45		95		205
25		10,39	A	2,57	A	9,80 B
50		2,16	A	1,26	ABC	3,48 BC
75		0,92	A	0,69	BC	25,85 A
100		8,84	A	0,34	BC	1,47 C
125		1,22	A	1,66	AB	1,63 C
150		4,70	A	0,28	C	1,33 C

Outono/inverno						
Níveis de reposição hídrica		DAT				
		46		119		182
25		2,95	E	1,93	A	1,01 A
50		1,22	F	1,67	A	0,97 A
75		14,22	A	0,83	A	0,92 AB
100		10,52	B	2,08	A	0,81 AB
125		5,77	D	0,46	A	0,73 AB
150		6,93	C	0,75	A	0,33 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Estes resultados corroboram os obtidos por Silva et al. (2006), onde o nível de radiação causou o aumento no teor e conteúdo de óleo essencial de *Baccharis trimera*, com um teor de óleo essencial de 0,059%, consideravelmente inferior. Da mesma forma estes autores encontraram que as proporções de óleo essencial foram maiores nas épocas do ano com menores precipitações e menor umidade do solo. O que corrobora os resultados obtidos no período de verão durante a condução deste experimento quando ocorrem eventos extremos de radiação e temperatura que possivelmente influenciaram na resposta na planta no tratamento 75% a elevar a produção de óleo essencial.

4.6. Lâmina de irrigação

Na Figura 32 estão as informações referentes às lâminas de irrigação aplicadas nos experimentos. Em geral, as lâminas aplicadas no ciclo primavera/verão são menores que às lâminas aplicadas no período outono/inverno devido ao primeiro período entre cada colheita foi menor em todos os casos. As datas das colheitas foram programadas inicialmente para se manter iguais nos dois experimentos.

As condições climáticas como elevadas temperaturas no verão e eventos externos de radiação registrados neste período, determinaram a realização das colheitas aos 45, 95 e 205 DAT, No entanto, no período de outono/inverno as colheitas foram realizadas aos 46, 119, 182 DAT, considerando a ocorrência de temperatura mínimas atípicas, mesmo como precipitações e elevada umidade nas datas programadas para as colheitas. Os tratamentos a irrigação plena receberam 154,94 e 169,19 mm de água no primeiro e segundo ciclo respetivamente.

Em função da produção da BMS a lâmina que aporta o máximo acúmulo de matéria seca no verão representou 1,37 ETo, no inverno 1,34 ETo, possivelmente o nível ótimo de reposição hídrica requerida pela cultura da carqueja está acima do 100% da ETo.

Figura 32. Irrigação total acumulada aplicada (mm) para os tratamentos nos ciclos primavera/verão e outono/inverno.

4.7. Resposta do suprimento de água sobre o rendimento da cultura

A resposta do suprimento de água sobre o rendimento está apresentada na Tabela 18 por meio do fator de resposta da cultura ajustado às condições da estufa (K_y^*) que relaciona a redução relativa da produção e o déficit de evapotranspiração relativo.

Tabela 18. A resposta do suprimento de água sobre o rendimento por meio do fator de resposta da cultura (K_y^*) para cada tratamento nos ciclos primavera/verão e outono/inverno.

Níveis de reposição hídrica (%)	K_y^*	
	Primavera/Verão	Outono/Inverno
25	1,09	0,91
50	1,05	1,40
75	1,34	0,94

Aos níveis de reposição hídrica correspondentes a irrigação deficitária se obteve o maior K_y^* para o tratamento 50% apresenta-o um valor de 1,40 no período de outono/inverno seguido do tratamento 75% com um valor de 1,34. Desta forma pode-se estabelecer a relação entre a evapotranspiração relativa e a diminuição do rendimento relativo, neste caso foi extrapolado a relação linear (ET_r/ET_m) válida

para déficits hídricos de até 50%, ou seja, $1 - E_{tr}/ET_m = 0,5$ (DOORENBOS; KASSAM, 1979; MANNOCCI; MECARELLI, 1994; MARQUES; FRIZZONE, 2005), para o tratamentos 25 e 75%.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, diante os resultados encontrados, pode-se concluir que:

A cultura da carqueja *Baccharis crispa* Spreng. apresentou uma resposta diferencial aos níveis de reposição hídrica, nas diferentes colheitas, no período primavera/verão.

O maior crescimento da cultura se observou no ciclo primavera verão aos 95 DAT com: 1,88 m² de AF e 88 folhas por planta no nível de reposição hídrica de 100%, e 70,33 cm de CF por planta no nível de reposição hídrica de 75%.

A deficiência hídrica afetou em menor proporção às plantas submetidas ao nível de reposição hídrica de 75% em ambos ciclos.

A maior produção de biomassa seca ocorreu em 150% de reposição hídrica aos 95 DAT com 18,24 g planta⁻¹, no ciclo primavera verão.

O maior teor de óleo essencial foi obtido com o tratamento 75% de reposição hídrica no ciclo primavera/verão aos 205 DAT.

A maior produtividade da água ocorreu aos 45 DAT no período primavera/verão em 25% de reposição hídrica com 6,67 kg m⁻³, e aos 119 DAT no período outono/inverno com 1,40 kg m⁻³ ao nível de reposição hídrica de 75%.

REFERÊNCIAS

- ABIFISA. **Associação Brasileira das Empresas do Setor Fitoterápico: Suplemento alimentar e promoção da saúde**. Disponível em: <<http://www.abifisa.org.br>>. Acesso em: 16 maio. 2016.
- AGRA, M. de F.; FREITAS, P. F. de; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 17, n. 1, p. 114–140, 2007.
- AL-MEFLEH, N. K.; ABU SALAH, K. K.; ABANDEH, M. M. Influence of Water Quality and Harvest Times on Biomass Yield and Essential Oil of Lemon Verbena (*Aloysia triphylla*) under a Drip Irrigation System. **Journal of herbs, spices & medicinal plants**, v. 18, n. 2, p. 166–177, 2012.
- ALBUQUERQUE, M. P. F. de; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S. de; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 9–16, 2013.
- ALEMAN, C. C.; MARQUES, P. A. A. MANEJO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE *Calendula officinalis* L. p. 29–37, 2016.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; HOWELL, T. A.; JENSEN, M. E. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 6, p. 899–920, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.12.015>>.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **FAO, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- ALONSO, J. R. **Tratado de fitomedicina: bases clínicas y farmacológicas**. [s.l.] Isis Ediciones, 1998.
- ALVARENGA, I. C. A.; LOPES, O. D.; PACHECO, F. V.; OLIVEIRA, F. G.; MARTINS, E. R. Fator de resposta do alecrim-pimenta a diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 42, n. 4, p. 10–1590, 2012.

- ANDRIÃO, M. **Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de fenólicos totais em [Baccharis Trimeria (Less.) Dc.] var. CPQBA-1, sob diferentes podas no plantio.** 2010. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2010.
- ASAE, A. S. O. F. A. E. **Design and Installation of Micro-irrigation Systems** ASAE EP409 Standards, Engineering Practices, and Data, St. Joseph, , 1989. .
- ASENSIO, C. M.; GROSSO, N. R.; JULIANI, H. R. Quality preservation of organic cottage cheese using oregano essential oils. **LWT-Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 664–671, 2015.
- BAHREININEJAD, B.; RAZMJOO, J.; MIRZA, M. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. **International Journal of Plant Production**, v. 7, n. 1, p. 151–166, 2013.
- BAKER, J. M.; SPAANS, G. J. Measuring water exchange between soil and atmosphere with TDR-microlysimetry. **Soil science**, v. 158, n. 1, p. 22–30, 1994.
- BATISTA, S. C. O.; CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. T.; MEDICI, L. O. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n. 2, p. 485–489, 2013.
- BENINCASA, M. M. P. Departamento de biologia aplicada à agropecuária. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas).** FCAV-UNESP: Jaboticabal, p. 2–6, 2003.
- BIASI, L. A.; DE BONA, C. M. Cutting propagation of *Baccharis trimera* (Less.) AP de Candolle. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 2, n. 2, p. 37–43, 2000.
- BIAVATTI, M. W.; MARENSI, V.; LEITE, S. N.; REIS, A. Ethnopharmacognostic survey on botanical compendia for potential cosmeceutic species from Atlantic Forest. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 17, n. 4, p. 640–653, 2007.
- BONA, C. M. De; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; NAKASHIMA, T. Estaquia de três espécies de *Baccharis*. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 223–226, 2005.

- BORELLA, J. C.; FONTOURA, A. Avaliação do perfil cromatográfico e do teor de flavonóides em amostras de *Baccharis trimera* (Less.) DC. Asteraceae (carqueja) comercializadas em Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 12, n. 2, p. 63–67, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2002000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>.
- BORTOLO, D. P. G.; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Flavonoid content and yield in marigold plant (*Calendula officinalis* L.) cultivated under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 4, p. 435–441, 2009.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W. G. **Statistics for experimenters: design, innovation, and discovery**. [s.l.] Wiley-Interscience New York, 2005. v. 2
- BROCHOT, A.; GUILBOT, A.; HADDIOUI, L.; ROQUES, C. Antibacterial, antifungal, and antiviral effects of three essential oil blends. **MicrobiologyOpen**, n. October 2016, p. 1–6, 2017.
- BURMEISTER, J.; GUTTENBERG, H. DIE ÄTHERISCHEN ÖLE ALS PRODUKT EINES PARTIELL ANAEROBEN STOFFWECHSELS. **Planta Med**, v. 8, n. 1, p. 1–33, 1960.
- CANCELLI, R. R. Palinologia de asteraceae: morfologia polínica e suas implicações nos registros do quartenário do Rio Grande do Sul. 2008.
- CAPRA, R. S.; GRATÃO, A. S.; FREITAS, G. B.; LEITE, M. N. Preparados homeopáticos e ambiente de cultivo na produção e rendimento de quercetina em carqueja [*Baccharis trimera* (Less) DC.]. **Rev. bras. plantas med**, v. 16, n. 3, p. 566–573, 2014.
- CARDON, L. M.; CARVALHO, I. N. de. Métodos de coleta, secagem, armazenamento, destino e condições de transporte da Carqueja e da Espinheira Santa na Região Metropolitana de Curitiba. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 3, n. 1, p. 49–56, 2005.
- CARVALHO, D. F. de; OLIVEIRA, L. F. C. de. Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada. **Viçosa: Ed. UFV**, 2012.
- CARVALHO, N. De; INACIO, R.; GIUBLIN, M.; NOLASCO, A.; CHRISTINA, M.; ISABEL, M.; WACHOWICZ, C. M.; NOLASCO, M. A.; SCHEFFER, M. C.;

- RADOMSKI, M. I. Brasil Universidade Federal do Paraná Número completo PRE-CHILLING AND TEMPERATURE TO THE GERMINATION OF *Baccharis trimera* SEEDS. 2005.
- CASTRO, H. G.; CASALI, V. W. D.; BARBOSA, L. C. A.; CECON, P. R. Rendimento de tanino em dois acessos de carqueja (*Baccharis myriocephala* DC), em diferentes épocas de colheita em Viçosa-MG. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 1, n. 2, p. 29–33, 1999.
- CASTRO, H. G.; SILVA, D. J. H.; FERREIRA, F. A.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Estabilidade da divergência genética em seis acessos de carqueja. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 33–37, 2002.
- CASTRO, H. G. de; FERREIRA, F. A. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: carqueja (*Baccharis genistelloides*)**. [s.l: s.n.]
- CLEVENGER, J. F. Apparatus for the determination of volatile oil. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 17, n. 4, p. 345–349, 1928.
- CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B.; REIS, É. S.; MOREIRA, C. M. Crescimento de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de folhas de orégano sob malhas coloridas. **Global Science and Technology**, v. 5, n. 1, 2012.
- DAVIES, P. Experimentation on the propagation of *Baccharis trimera* (Less.) DC, Compositae (Carqueja). In: II WOCMAP Congress Medicinal and Aromatic Plants, Part 3: Agricultural Production, Post Harvest Techniques, Biotechnology 502, **Anais...**1997.
- DO VALE, N. M.; BARILI, L. D.; SIMON ROZZETO, D.; MEIRELLES COIMBRA, J. L.; GUIDOLIN, A. F.; MARINI KÖOP, M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 135–144, 30 ago. 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/20078>>.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, K. H. **Yield response to water, Irrigation and drainage paper 33**. 1979.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3a edição ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013.
- EVETT, S. R.; TOLK, J. A.; HOWELL, T. A. Soil Profile Water Content Determination. **Vadose Zone Journal**, v. 5, p. 894–907, 2006. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.2136/vzj2005.0149>>.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. de L. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. 1994.

FRIZZONE, J. A. Análise de decisão de investimento em irrigação. **Análise de decisão de investimento em irrigação**, 2002.

FUKUDA, M.; OHKOSHI, E.; MAKINO, M.; FUJIMOTO, Y. Studies on the Constituents of the Leaves of *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) and their Cytotoxic Activity. **Chemical & Pharmaceutical Bulletin**, v. 54, n. 10, p. 1465–1468, 2006. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17015994>%5Cn<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/cpb/54.1465?from=CrossRef>>.

GARCÍA, D. **Desenvolvimento, rendimento, teor e componentes do óleo essencial em função de adubação orgânica e rebroto de *Baccharis Trimeria* (Less.) DC. cv. CPQBA-1**. 2013. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2013. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq1066.pdf>>.

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

GOTTLIEB, O.; SALATINO, A. A. Função e evolução de óleos essenciais e de suas estruturas secretoras. **Ciência e Cultura**, v. 39, p. 707–716, 1987.

HEIDEN, G.; BAUMGRATZ, J. F. A.; ESTEVES, R. L. *Baccharis* subgen. *Molina* (Asteraceae) in Rio de Janeiro state, Southeast Brazil. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 649–687, 2012.

HEIDEN, G.; IGANCI, J. R. V.; BOBROWSKI, V. L.; MACIAS, L. Biogeografia de *Baccharis* sect. *caulopterae* (asteraceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, p. 787–796, 2007.

HEIDEN, G.; RICARDO, J.; IGANCI, V.; MACIAS, L. B. *ACCHARIS* SECT. *CAULOPTERAE* (*ASTERACEAE* , *ASTEREAE*) NO RIO GRANDE DO SUL , BRASIL. 2009.

HUSSAIN, S. S.; ALI, M.; AHMAD, M.; SIDDIQUE, K. H. M. Polyamines: Natural and engineered abiotic and biotic stress tolerance in plants. **Biotechnology Advances**,

v. 29, n. 3, p. 300–311, 2011. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.01.003>>.

JAAFAR, H.; KHRAIZAT, Z.; BASHOUR, I.; HAIDAR, M. Water productivity of *Origanum syriacum* under different irrigation and nitrogen treatments using an automated irrigation system. v. 196, p. 211–220, 2015. Disponível em:
<<http://library.witpress.com/viewpaper.asp?pcode=WRM15-018-1>>.

JAMALI, M. M. Investigate the effect of drought stress and different amount of chemical fertilizers on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). **International journal of Agronomy and Plant Production**, v. 3, p. 585–589, 2012.

JANNUZZI, H.; MATTOS, J. K. A.; VIEIRA, R. F.; SILVA, D. B.; BIZZO, H. R.; GRACINDO, L. A. M. Avaliação agronômica e identificação de quimiotipos de erva cidreira no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 412–417, 2010.

JOSÉ, J. V. **Adubação potássica e lâminas de irrigação na produção de biomassa e óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L .).** 2014. 163 p. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Universidade de São Paulo, 2014.

KANG, S.; GU, B.; DU, T.; ZHANG, J. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. **Agricultural Water Management**, v. 59, n. 3, p. 239–254, 2003.

KARAM, T. K.; DALPOSSO, L. M.; CASA, D. M.; DE FREITAS, G. B. L. Carqueja (*Baccharis trimera*): utilização terapêutica e biossíntese. **Rev. bras. plantas med**, v. 15, n. 2, p. 280–286, 2013.

KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A. M.; MOUSTAKAS, M. Contemporary seasonal and altitudinal variations of leaf structural features in oregano (*Origanum vulgare* L.). **Annals of Botany**, v. 92, n. 5, p. 635–645, 2003.

KUMAR, M.; REDDY, K. S.; ADAKE, R. V.; RAO, C. V. K. N. Solar powered micro-irrigation system for small holders of dryland agriculture in India. **Agricultural Water Management**, v. 158, p. 112–119, 2015. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.05.006>>.

- KUPERMAN, W. A.; HODGKISS, W. S.; SONG, H. C.; AKAL, T.; FERLA, C.; JACKSON, D. R. Phase conjugation in the ocean: Experimental demonstration of an acoustic time-reversal mirror. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 103, n. 1, p. 25–40, 1998.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups**. Springer Science & Business Media, 2003.
- LETCHAMO, W.; MARQUARD, R.; HÖLZL, J.; GOSSELIN, A. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. **Angewandte Botanik (Germany)**, 1994.
- LETCHAMO, W.; XU, H. L.; GOSSELIN, A. Variations in photosynthesis and essential oil in thyme. **Journal of plant physiology**, v. 147, n. 1, p. 29–37, 1995.
- LIMA, S. C. R. V.; FRIZZONE, J. A.; MATEOS, L.; FERNANDEZ, M. S. Estimation of the water productivity on the irrigated area in southern Spain. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI**, v. 6, n. 1, p. 51–60, 2012. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/download/96/pdf_84>.
- LORENZI, H.; DE ABREU MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. [s.l.] Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002.
- MANNOCCI, F.; MECARELLI, P. Optimization analysis of deficit irrigation systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 120, n. 3, p. 484–503, 1994.
- MARCHESE, J. A.; FIGUEIRA, G. M. O uso de tecnologias pré e pós-colheita e boas práticas agrícolas na produção de plantas medicinais e aromáticas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 7, n. 3, p. 86–96, 2005.
- MARQUES, P. A. A.; FRIZZONE, J. A. Modelo computacional para determinação do risco econômico em culturas irrigadas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 1–168, 2005.
- MARQUES, P. A. A.; MORENO PIZANI, M. A.; FARÍAS, A. J.; DA SILVA, C. J.; ALMEIDA ROCHELLE, A. T. F. De. CRESCIMENTO DA *Baccharis trimera* (Less.) SOB IRRIGAÇÃO PLENA EM AMBIENTE PROTEGIDO. In: III Inovagri International Meeting, **Anais...**2015.

MARTIN, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; DUBOU, V.; FRIES, H. M.; SCHEIBLER, R. B. Irrigação Deficitária Para Aumentar a Produtividade Da Água Na Produção De Silagem De Milho. **Irriga**, p. 192–205, 2012.

MEIRA, M. R.; MELO, M. T. P. de; MARTINS, E. R.; 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**, v. 43, n. 5, p. 779–785, 2013.

MELO SILVA, F. P. **Influência da luz e temperatura em cavidades e canais secretores em plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf . (Leguminosae-Caesalpinioideae): estudo anatômico e ultraestrutural BOTUCATU-SP** **Influência da luz e temperatura em cavidades e canais secretor**. 2013. UNESP, 2013.

MORENO PIZANI, M. A.; DOS SANTOS, H. T.; DA SILVA, C. J.; FARÍAS RAMÍREZ, A. J.; NASCIMENTO DUARTE, S.; ALVES MARQUES, P. A. MONITORAMENTO DO CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO NO CULTIVO DE *Baccharis trimera* (Less.). In: III Inovagri International Meeting, **Anais...**2015.

MORTENSEN, L. M. The Effect of Air Temperature on Growth of Eight Herb Species. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 11, p. 1542–1546, 2014. Disponível em:

<<http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/ajps.2014.511168>>

MÜLLER, J. Systematics of *Baccharis* (Compositae-Astereae) in Bolivia, including an overview of the genus. **Systematic Botany Monographs**, v. 76, 2006.

NOWAK, M.; KLEINWÄCHTER, M.; MANDERSCHIED, R.; WEIGEL, H. J.; SELMAR, D. **Drought stress increases the accumulation of monoterpenes in sage (*Salvia officinalis*), an effect that is compensated by elevated carbon dioxide concentration****Journal of Applied Botany and Food Quality**, 2010.

OLIVEIRA, A. S.; MARCHIORI, J. N. C. *Baccharis* L.(Asteraceae–Astereae) no sul do Brasil. 1. Seção *Cylindricae* Heering, série *Cylindricae* (Heering) Giuliano. **Balduinia**, n. 7, p. 1–36, 2006.

- OLIVEIRA JÚNIOR, C. J. F. de; CABREIRA, P. P.; BEGOSSI, A. The Dilemma of Plant Knowledge and Compensation for Native People Living in Brazilian Biomes. **Journal of Ecosystem & Ecography**, v. 2, n. 2, 2012. Disponível em: <<http://www.omicsonline.org/2157-7625/2157-7625-2-108.digital/2157-7625-2-108.html>>.
- PACHECO, A. C.; CAMARGO, P. R.; SOUZA, C. e G. M. Deficiência hídrica e aplicação de ABA nas trocas gasosas e no acúmulo de flavonoides em calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 275–281, 2011.
- PALÁCIO, C. P. A. M.; BIASI, L. A.; NAKASHIMA, T.; SERRAT, B. M. Biomassa e óleo essencial de carqueja (*Baccharis trimera* (Less) DC.) sob influência de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 3, p. 58–63, 2007.
- PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. [s.l.: s.n.]
- PEREIRA, S.; OLIVEIRA FILHO, D.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; MARTINS, J. H. Reflectometria no domínio do tempo na determinação do conteúdo de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 306–314, 2006. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>.
- 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**, v. 14, n. 3, p. 446–452, 2012.
- PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a Água**. 2004.
- PINHEIRO, H. A.; DAMATTA, F. M.; CHAVES, A. R. M.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Drought Tolerance is Associated with Rooting Depth and Stomatal Control of Water Use in Clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, v. 96, n. 1, p. 101–108, 1 jul. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/aob/mci154>>.
- PLAUBORG, F. Evaporation from bare soil in a temperate humid climate—measurement using micro-lysimeters and time domain reflectometry. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 76, n. 1, p. 1–17, 1995.
- POTERA, C. Tobacco bio-oil kills agricultural pests. **Environmental Health**

Perspectives, v. 119, n. 1, p. 2011, 2011.

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.)-doi: 10.4025/actasciagron. v32i4. 3160. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 687–693, 2010.

RASHED, N. M.; DARWESH, R. K. A comparative study on the effect of microclimate on planting date and water requirements under different nitrogen sources on coriander (*Coriandrum sativum*, L.). **Annals of Agricultural Sciences**, v. 60, n. 2, p. 227–243, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0570178315000457>>.

RIOBA, N. B.; ITULYA, F. M.; SAIDI, M.; DUDAI, N.; BERNSTEIN, N. Effects of nitrogen, phosphorus and irrigation frequency on essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.). **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, n. 1, p. 21–29, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.01.003>>.

SAMPAIO, A. H. R.; FILHO, M. A. C.; COELHO, E. F.; DANIEL, R.; MACHADO, V. V.; CARVALHO, G. C.; SANTANA JUNIOR, E. B. Deficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1141–1148, 2010.

SANTOS, H. T. dos. **Respostas do orégano a diferentes potenciais matriciais da água no solo**. 2016. 88p. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Universidade de São Paulo, 2016.

SANTOS, M. R. dos; FERRI, P. H.; OLIVEIRA, A. K. I.; AKI, B.; SANTOS, S. C.; PINTO, J. E.; NASCIMENTO, V.; SALES, J.; SILVA, F. G.; SERAPHIN, J. Composição e Variabilidade Química dos Óleos Essenciais de *Baccharis trimera* (Carqueja) de População Natural e Cultivada. **Universidade Federal de Goiás, Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**, p. 15, 2003.

SHUKLA, S.; SHRESTHA, N. K.; JABER, F. H.; SRIVASTAVA, S.; OBREZA, T. A.; BOMAN, B. J. Evapotranspiration and crop coefficient for watermelon grown under plastic mulched conditions in sub-tropical Florida. **Agricultural Water Management**,

v. 132, p. 1–9, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.09.019>>.

SILVA, F. de A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version Of The Assistant-Statistical Assistance Software. (American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), Ed.) In: Computers in Agriculture and Natural Resources, Orlando, Florida. **Anais...** Orlando, Florida: ASABE, 2006. Disponível em: <<http://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=21905>>.

SILVA, F. G.; NASCIMENTO, V. E.; PINTO, J. E. B. P.; OLIVEIRA, C. B. A.; SANTOS, M. R.; FERRI, P. H. Influência do processamento pós-colheita e armazenamento na composição química da droga vegetal e do óleo essencial de carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) DC.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 4, p. 436–442, 2010.

SILVA, S. R.; BUITRÓN, X.; OLIVEIRA, L. H. de; MARTINS, M. V. M. **Plantas medicinais do Brasil: aspectos gerais sobre legislação e comércio**. [s.l.] TRAFFIC América do Sul Quito, Equador, 2001.

SINGH, M. Effects of plant spacing, fertilizer, modified urea material and irrigation regime on herbage, oil yield and oil quality of rosemary in semi-arid tropical conditions. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 79, n. 3, p. 411–415, 2004.

SLAVICK, B. **Methods of studying plant water relations**. 1974.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2nd ed. Washington DC, USA: USDA, Agricultural Handbook 436, 1999.

SOUZA, S. De; PEREIRA, L.; SOUZA, A. Estudo da atividade antiobesidade do extrato metanólico de *Baccharis trimera* (Less.) DC. **Rev. Bras. ...**, v. 93, n. 1, p. 27–32, 2012. Disponível em: <<http://www.rbfarma.org.br/files/rbf-2012-93-1-5.pdf>>.

SUMMER, M. E. **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 1999.

TELÇI, I.; HIŞİL, Y. Biomass yield and herb essential oil characters at different harvest

- stages of spring and autumn sown *Coriandrum sativum*. **European Journal of Horticultural Science**, v. 73, n. 6, p. 267–272, 2008.
- TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. **Water resources research**, v. 16, n. 3, p. 574–582, 1980.
- TOPP, G. C.; ZEBCHUK, W. D.; DAVIS, J. L.; BAILEY, W. G. The measurement of soil water content using a portable TDR hand probe. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 64, n. 3, p. 313–321, 1984.
- TORRES, L. M. B.; GAMBERINI, M. T.; ROQUE, N. F.; LIMA-LANDMAN, M. T.; SOUCCAR, C.; LAPA, A. J. Diterpene from *Baccharis trimera* with a relaxant effect on rat vascular smooth muscle. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 617–619, 2000.
- UHLAND, R. E. Rapid Method for Determining Soil Moisture. **Soil Science Society of America Journal**, v. 15, p. 391–393, 1951. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1951.036159950015000C0088x>>.
- VENTRELLA, M. C.; MING, L. C. Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva-cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 972–974, 2000.
- VERDI, L. G.; BRIGHENTE, I. M. C.; PIZZOLATTI, M. G. Género *Baccharis* (Asteraceae): Aspectos químicos, econômicos e biológicos. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 85–94, 2005.
- XU, D. H.; LI, J. h.; FANG, X. W.; WANG, G. Changes in soil water content in the rhizosphere of *Artemisia ordosica*: Evidence for hydraulic lift. **Journal of Arid Environments**, v. 69, n. 4, p. 545–553, 2007.