



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Rubem José da Fonte Franca

**MICROCLIMA, EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E
PRODUTIVIDADE PARA DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO
DO TOMATE TIPO CEREJA, NO SUBMÉDIO DO VALE DO
SÃO FRANCISCO**

JUAZEIRO – BA
2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Rubem José da Fonte Franca

**MICROCLIMA, EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E
PRODUTIVIDADE PARA DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO
DO TOMATE TIPO CEREJA, NO SUBMÉDIO DO VALE DO
SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, concentração em Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Prof. Orientador: Luis Fernando de Souza Magno Campeche
Prof. Co-orientador: Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão

JUAZEIRO – BA
2015

	Franca, Rubem José da Fonte
F814m	Microclima, eficiência do uso da água e produtividade para dois sistemas de produção do tomate tipo cereja, no Submédio do Vale do São Francisco / Rubem José da Fonte Franca. -- Juazeiro, 2015
	70f. : il. ; 29 cm.
	Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, 2015.
	Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando de Souza Magno Campeche.
	Referências.
	1. <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. 2. Ambiente protegido. 3. Temperatura do ar. I. Título. II. Franca, Rubem José da Fonte. III Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD 635.642

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Rubem José da Fonte Franca

**MICROCLIMA, EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E
PRODUTIVIDADE PARA DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO
DO TOMATE TIPO CEREJA, NO SUBMÉDIO DO VALE DO
SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Strito Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.



Luis Fernando de Souza Magno Campeche, Prof. D.Sc.
IF Sertão Pernambucano



Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão, Prof. D.Sc.
UNIVASF/CPGEA



Marlon da Silva Garrido, Prof. D.Sc.
UNIVASF/CPGEA



Jony Eishi Yuri, D.Sc.
Embrapa Semiárido

Juazeiro-BA, 27 de Fevereiro de 2015.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Rubem da Fonte Moreira Franca e Maria Constança da Fonte Franca (*in memoriam*).

À minha tia Lenira Cardoso da Fonte.

À minha esposa Fátima Maria Sales Franca.

Às minhas filhas Marcela Sales Franca, Renata Sales Franca e Paula Sales Franca.

Aos meus irmãos, Tânia, Eurico, Guilherme, Ricardo, Solange, Sandra (*in memoriam*) e Flávia.

Dedico este trabalho com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À minha esposa Fátima, com quem amo partilhar cada momento de minha vida. Obrigado pelo amor, pelo carinho, pela paciência e por cuidar de mim de forma tão sublime.

Às minhas filhas Marcela, Renata e Paula, luzes de minha vida, pela compreensão dos momentos de nervosismo e ausência.

Ao meu pai Rubem Franca e minha tia Lenira pelo apoio intelectual e orações.

Ao meu orientador D.Sc. Luis Fernando de Souza Magno Campeche, pelo apoio e confiança.

Ao meu co-orientador D.Sc. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão, pelas aulas inesquecíveis e dedicação na condução deste trabalho.

Ao professor D.Sc Malon da Silva Garrido, pela amizade e pelas orientações relacionadas a estatística aplicada ao trabalho.

Ao meu grande amigo e mestre D.Sc. José Monteiro Soares, pela boa convivência, pelo apoio de campo e pela forma simples, segura e denotada de transmitir ensinamentos.

Ao engenheiro agrônomo Rodrigo Pamponet, pelas recomendações e dicas importantes para o cultivo do tomateiro.

Ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco e a todos os funcionários, pela atenção e respeito.

Aos meus colegas de mestrado, pelo relacionamento amigo e troca de experiências.

À minha equipe de apoio de campo Clébson Alves Bezerra, Bartolomeu Pereira Lima, Valterlion Gomes dos Santos, pela dedicação e responsabilidade.

Muito obrigado!

FRANCA, R. J. F. **Microclima, eficiência do uso da água e produtividade para dois sistemas de produção do tomate tipo cereja, no Submédio do Vale do São Francisco**. 2015. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro-BA.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o microclima, a eficiência do uso da água de irrigação e a produtividade do tomate cereja tipo cereja, em função das lâminas e intermitências de irrigação, para dois sistemas de produção: ambiente protegido e a céu aberto. Foi conduzido no município de Petrolina-PE, com coordenadas geográficas de 9°26'S, 40°46'O e altitude média de 380 m. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 3, com 4 repetições, com aplicação de três lâminas e três intermitências de irrigação. Foi utilizado o tomate tipo cereja (cv. *Sweet Million*) cultivar híbrido, de crescimento indeterminado, tendo cada parcela sido constituída por cinco plantas espaçadas entre si de 0,40 m na fileira e de 1,50 m entre fileiras. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, emissores espaçados de 0,20 m e vazão de 1,5 L.h⁻¹. Duas estações meteorológicas automáticas foram instaladas nas áreas de cultivo do tomateiro e uma terceira, em ambiente gramado, equipadas com sensores para obtenção de valores de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento e radiação solar. Os dados das estações instaladas em cada ambiente cultivado resultaram na estimativa diária da evapotranspiração da cultura (ETc), e na obtenção da quantidade de água necessária para fornecimento ao cultivo. Constatou-se que os resultados das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do ar não proporcionaram diferenças significativas entre os ambientes de cultivo protegido e a céu aberto, diferente da velocidade do vento e da radiação solar global que se mostraram inferiores em 41,7% e 44,6% em relação ao ambiente a céu aberto, respectivamente. Para a determinação da eficiência do uso da água e da produtividade da cultura, os frutos foram pesados, por classe de diâmetro, em pequenos, grandes e totais. Os maiores valores de eficiência do uso da água foram obtidos no ambiente protegido. Constatou-se que as produtividades médias globais do tomateiro cultivado em ambiente a céu aberto mostraram-se mais elevadas do que as obtidas em ambiente protegido tendo sido da ordem de 2,15±0,35 e 1,76±0,39 kg planta⁻¹, respectivamente, tendo os picos de produtividade do cultivo acontecido entre 85 e 99 dias após transplante.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum* Mill. Ambiente protegido. Temperatura do ar. Umidade relativa do ar. Radiação global. Lâmina.

FRANCA, R. J. F. **Microclima, eficiência do uso da água e produtividade para dois sistemas de produção do tomate tipo cereja, no Submédio do Vale do São Francisco.** 2015. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro-BA.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the microclimate, the efficiency of the use of irrigation water and the productivity of the tomato cherry type, depending on the blades and flashes of irrigation, for two production systems: in a protected environment and in a sky open area. It was conducted in the city of Petrolina, with geographic coordinates of 9° 26' south, 40° 46' west and average elevation of 380 m. The experimental design was a randomized block in the factorial 3 x 3, with four replications, applying three blades and three flashes irrigation. It was used the tomato variety cherry (*Sweet Million*) cultivate hybrid, indeterminate growth, each portion was made up of five plants spaced 0.40 m in the row and 1.50 m between rows. The irrigation system used was drip emitters spaced of 0.20 m, rate of 1.5 L h⁻¹. Two automatic weather stations were installed in the areas of tomato cultivation and a third in a lawn environment, equipped with sensors to obtain temperature and relative humidity, speed and wind direction and solar radiation. Data from cultured stations installed in each room resulted in the daily estimated crop evapotranspiration (ET_c), and in the obtaining of the amount of water needed to supply the crop. It was found that the results of climate variables of temperature and relative humidity did not provide significant differences between the protected environment and in the open area, different from the wind speed and solar radiation that were inferior in 41.7% and 44.6%, respectively, compared to the open area environment. To determine the efficiency of the water use and of the crop yield, the fruits were weighed by class diameter in small, large and total. The highest water use efficiency values were obtained in the protected environment. It was noted that global average yield of tomato plants in the open environment proved to be higher than those obtained in a protected environment and was of the order of 2.15 ± 0.35 and 1.76 ± 0.39 kg plant⁻¹, respectively, and the productivity of the cultivation peaks occurred between 85 and 99 days after the transplanting.

Keywords: *Lycopersicon esculentum* Mill. Protected environment. Air temperature. Relative humidity. Global radiation. Blade.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1		Pág.
Figura 1	Layout do experimento em planta baixa e corte transversal, destacando-se a posição relativa do ambiente gramado e das áreas de cultivo protegido e a céu aberto do tomateiro, assim como, a localização das três estações meteorológicas automáticas (EMA). Petrolina, PE, jul a out de 2014.	26
Figura 2	Média horária da temperatura do ar a 0,50 m de altura (A) e a 1,50 m de altura (B) e da umidade relativa do ar ao longo do dia em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul a out de 2014.	29
Figura 3	Média diária da temperatura do ar a 0,50 m de altura (A) e a 1,50 m de altura (B), durante o ciclo de cultivo do tomateiro em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	30
Figura 4	Média diária da umidade relativa do ar durante o ciclo de cultivo do tomateiro, em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	32
Figura 5	Média horária ao longo do dia (A) e média diária (B) da velocidade do vento a 2,0 m de altura ao longo do ciclo de cultivo do tomateiro, em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	33
Figura 6	Média horária da radiação global (A) e do saldo de radiação (B) ao longo do dia, em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	34
Figura 7	Média diária da radiação global (A) e do saldo de radiação (B) ao longo do ciclo de cultivo do tomateiro, em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	34
Figura 8	Valores diários de evapotranspiração de referência em ambiente gramado e da evapotranspiração da cultura para o tomate cereja cultivado em ambiente protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	36
Figura 9	Relação entre os valores diários de evapotranspiração de referência determinados em ambiente gramado com os da evapotranspiração cultura do tomate cereja cultivado em ambiente protegido (A) e a céu aberto (B). Petrolina, PE, jul. a out. a 2014.	37
Figura 10	Eficiências de uso de água de frutos pequenos do tomate cereja por lâminas de irrigação em ambiente protegido (A) e a céu aberto (B). Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	38

Figura 11	Eficiências de uso de água de frutos grandes do tomate cereja por lâminas de irrigação em ambiente protegido (A) e a céu aberto (B). Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	39
Figura 12	Eficiências de uso de água de frutos totais do tomate cereja por lâminas de irrigação em ambiente protegido (A) e a céu aberto (B). Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	40
Figura 13	Eficiências de uso de água de frutos totais do tomate cereja por intermitência de irrigação em ambiente protegido. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	40

ARTIGO 2

		Pág.
Figura 1	Layout do experimento em planta baixa e corte transversal, destacando-se a posição relativa do ambiente gramado e das áreas de cultivo protegido e a céu aberto do tomateiro, assim como, a localização das três estações meteorológicas automáticas (EMA). Petrolina, PE, jul a out de 2014.	48
Figura 2	Produtividade média de frutos pequenos do tomate tipo cereja, em ambiente a céu aberto, função das lâminas de irrigação. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	52
Figura 3	Produtividade média de frutos grandes do tomate tipo cereja, em ambiente protegido (a) e a céu aberto (b), função das lâminas de irrigação. Petrolina, PE, jul. a out de 2014.	52
Figura 4	Produtividade média de frutos totais do tomate tipo cereja, em ambiente protegido, função das lâminas de irrigação. Petrolina, PE, jul. a out de 2014.	53
Figura 5	Produtividade média de frutos grandes do tomate tipo cereja, em ambiente protegido, função das intermitências de irrigação. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.	53
Figura 6	Evolução da produtividade média de frutos pequenos, grandes e totais do tomate cereja, em ambiente protegido (a, c, e) e a céu aberto (b, d, f), função das lâminas de irrigação e das colheitas realizadas. Petrolina, PE, jul. e out. de 2014.	55
Figura 7	Evolução da produtividade média de frutos pequenos, grandes e totais, em ambiente protegido (a, b, c) e a céu aberto (d, e, f), função das intermitências de irrigação e das colheitas realizadas. Petrolina, PE, jul. a out de 2014.	57

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 Comparação da eficiência de uso da água nos cultivos de tomateiro tipo cereja em ambiente protegido e a céu aberto, por contrastes não ortogonais. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.

Pág.

41

ARTIGO 2

Tabela 1 Comparação das produtividades nos cultivos de tomateiro tipo cereja em ambiente protegido e a céu aberto, por contrastes não ortogonais. Petrolina, PE, jul. a out de 2014.

Pág.

58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Cultivo em ambiente protegido	15
2.2 Exigência climática do tomateiro	17
2.3 Manejo da irrigação	20
2.4 Eficiência do uso da água	22
3 ARTIGO I	23
Resumo	23
Abstract	23
Introdução	24
Material e Métodos	25
Resultados e Discussão	29
Conclusões	41
Bibliografia	42
4 ARTIGO II	44
Resumo	44
Abstract	45
Introdução	45
Material e Métodos	47
Resultados e Discussão	51
Conclusões	60
Referências	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) foi introduzido na Europa levada das Américas, região dos Andes, e tornou-se conhecido por botânicos em meados do século XVI (PERALTA, 2006). Naquela região, considerada centro de origem, ainda hoje são encontradas numerosas espécies em sua forma primitiva, inclusive de tomate-cereja, considerado por muitos autores como o ancestral mais próximo dos genótipos tradicionalmente plantados. Por isso, os tomateiros do grupo cereja têm sido considerados, mais rústicos dentre os tomateiros cultivados (RODRIGUES et al.,2008).

No Brasil o tomateiro é uma hortaliça de grande importância econômica e social, em razão disso é cultivado nas mais diversas regiões do país. Segundo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) de novembro de 2014, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a cultura do tomate ocupava em 2014 uma área de 64,3 mil hectares, liderada pela região Sudeste com uma área de 26,0 mil hectares. O Nordeste atingiu 15,2 mil hectares de área plantada, sendo que seus maiores estados produtores são Bahia, Ceará e Pernambuco com 6,0 mil, 4,5 mil e 3,6 mil hectares, respectivamente. A produção brasileira atingiu aproximadamente 3,9 milhões de toneladas, das quais 1,9 milhão de toneladas foram produzidas na região Sudeste. O Nordeste contribuiu com 650,8 mil toneladas, ficando o estado da Bahia com 269,1 mil toneladas, Ceará com 226,3 mil toneladas e Pernambuco com 123,5 mil toneladas.

Convém registrar que na década de 80 até meados de 90, o Nordeste brasileiro foi o principal produtor de tomate industrial do país. Perdeu gradativamente essa posição de liderança pela competição desse cultivo com a introdução da fruticultura irrigada no Vale do São Francisco, a importação de polpas, o ataque de pragas e a baixa produtividade da cultura (ROCHA, 2007).

Mikishima e Miranda (1995) reforçam que para o alcance de rendimentos ótimos, o tomateiro tem requerimentos específicos quanto às condições climáticas. Em localidades, sob altitudes inferiores a 400 m e temperaturas elevadas, as melhores produções são obtidas no outono-inverno, quando a temperatura é mais amena. Fora dessa época, as condições climáticas são consideradas desfavoráveis ao cultivo do tomateiro, uma vez que proporciona, entre outros, o desenvolvimento

de pragas e doenças, induzindo o uso intensivo e sistemático de agrotóxicos na cultura.

Para Rocha et al. (2009), o plantio de novos grupos, como o do tomate italiano e cereja, tem vislumbrado perspectivas positivas para a ampliação do mercado de tomate e criado outras demandas de pesquisa visando o desenvolvimento de cultivares destes grupos adaptados às condições brasileiras.

O tomate cereja é um grupo de cultivares para mesa, caracterizado pelo pequeno tamanho dos frutos (15-25 gramas), biloculares, coloração vermelha brilhante, lembrando uma cereja, e excelente sabor. Incluída em cardápios de restaurantes por serem delicados e pequenos, é considerada uma hortaliça exótica que trás novos sabores e enfeites aos pratos e aperitivos, com vantagem de ter tamanho reduzido, evitando desperdícios. O aumento de sua utilização cada vez maior nos cardápios e dietas dos brasileiros está relacionado, também, por ter o tomate cereja baixa caloria, ser rico em vitaminas, licopeno e cálcio (FILGUEIRA, 2000).

Novas pesquisas com essa cultivar tem dado ênfase à menor utilização de insumos e defensivos, além da sua adequação a outras condições de cultivo (ROCHA et al., 2009).

Segundo Gusmão et al. (2006), o cultivo de tomateiro em ambiente protegido expandiu-se muito na região Sudeste, principalmente no Estado de São Paulo, visto que é uma planta muito sensível às condições climáticas que quando desfavoráveis e aliadas a outros fatores, contribuem para que o cultivo em condições protegidas tenha aumentado rapidamente nos últimos anos.

A utilização de telas de sombreamento nos cultivos, como forma de reduzir a intensidade da energia solar e melhorar a uniformização de sua distribuição, desde que venha a atender necessidades das plantas, contribui para melhor desempenho da cultura, quando comparada com o cultivo a céu aberto. Visa, portanto, oferecer alternativa para produção de tomate no período da entressafra na região do Submédio São Francisco quando as temperaturas são mais elevadas e a radiação solar mais intensa (ROCHA, 2007).

O uso de coberturas conserva a umidade e a temperatura do solo reduzindo a amplitude térmica, favorece o metabolismo da planta e a antecipação do ciclo vegetativo. O desenvolvimento de cultivares de tomate tolerantes ao calor poderia contribuir não apenas para ampliar o período de cultivo e incorporar novas regiões

de exploração, mas também para a seleção de genótipos para cultivo em sistemas orgânicos de produção (GUSMÃO et al., 2006).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o microclima, a eficiência do uso da água de irrigação e a produtividade, em função das lâminas e intermitências de irrigação, para o cultivo do tomateiro, tipo cereja, em ambiente protegido e a céu aberto, na região do Submédio do Vale do São Francisco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo em ambiente protegido

Romanini et al., (2010) consideram que parte da pesquisa agrícola mundial é feita em experimentos sob cultivo protegido. Com o objetivo de proteger as hortaliças e flores contra a atuação dos elementos meteorológicos, a produção em ambientes protegidos permite ainda que haja produção durante todo o ano, gerando vantagens tanto na produção como na comercialização do produto.

Assis (2006) acrescenta que o conceito de agricultura moderna é produzir de forma sustentável, por meio de tecnologias apropriadas e do uso intensivo de conhecimento técnico especializado, com o menor grau de risco possível.

O uso dos plásticos na produção agrícola começou a ser empregado no Brasil a partir da década de 70, entretanto, esta prática expandiu-se rapidamente a partir da década de 80, com a implantação das primeiras estufas plásticas, fato que viabilizou o sucesso econômico no cinturão verde de São Paulo/SP, com o cultivo de hortaliças de consumo nobre como tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* Mill.), melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) e pimentão amarelo (*Capsicum annuum* L.) e com flores, como também através do fomento propiciado pelas indústrias fabricantes de plásticos (ARAÚJO, 1991; KUMAGAIA, 1991; MARTINS et al., 1999; VECCHIA; KOCH, 1999).

De acordo com Araújo et al. (2012), os ambientes protegidos, na maioria das vezes, utilizam cobertura de polietileno de baixa densidade, o que altera os balanços de energia e de massa do seu interior, gerando reflexos diretos nos fatores de maior relevância para o bom desenvolvimento das culturas, como a temperatura e umidade relativa.

Vida et al. (2004) relatam como sendo vantagens do cultivo em ambientes protegidos o aumento da produtividade, precocidade da colheita, como também colheita na entressafra, produtos com mais qualidade, melhor aproveitamento no uso dos recursos, melhor controle das condições ambientais, pragas e doenças, diminuição do risco e maximização da competitividade mercadológica do produtor.

Em nível mundial, o cultivo em ambientes protegidos, também chamados de cultivo protegido, em abrigo plástico, em estufa ou plasticultivo, são considerados como os mais atuais e importantes insumos agrícolas a consentirem aumentos de produção das culturas, onde se esgotaram as tentativas convencionais de se conseguir incrementos, face ao elevado emprego de técnicas modernas de cultivo (ARAÚJO; CASTELLANE, 1996).

De acordo com Carvalho e Tessarioli Neto (2005) a técnica do cultivo em ambiente protegido permite a proteção às plantas contra temperaturas elevadas e alta intensidade de radiação solar, durante todo o seu crescimento, isto melhora a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas por oferecer regularidade na produção.

O cultivo em ambiente protegido possibilita a produção de frutos em épocas desfavoráveis à condução de plantio em campo aberto, proporcionando melhor adaptação das plantas contra os fatores climáticos indesejáveis tornando menores os riscos do cultivo do tomateiro (ESTEFANEL et al., 1998; CARARO; DUARTE, 2002; ALVARENGA, 2004).

Outro importante benefício do cultivo em ambiente protegido é a diminuição no consumo de água pela cultura, comparado ao sistema de plantio em campo (REIS et al., 2009). Na região semiárida brasileira este atributo é de fundamental valor haja vista a água ser um recurso limitado, em períodos distintos, no decorrer do ano (SILVA et al., 2013).

Streck et al., (1998) complementam que para regularizar o abastecimento e obter preços mais altos, a busca de práticas que concentrem a produção sob estruturas de proteção na entressafra são de extrema importância.

Segundo Nuez (2001) o desenvolvimento da planta de tomateiro esta sujeito a numerosos fatores que agem conjuntamente em complexa interação, entre os quais pode-se citar o material genético, a iluminação, a temperatura, a nutrição, o abastecimento de água e a concentração de CO₂. O cultivo em ambiente protegido oferece possibilidades muito mais amplas para a otimização destes fatores, pois permite a introdução de sistemas controlados, que regulam a ação dos mesmos às necessidades da cultura, visto que ao ar livre, a possibilidade de modificar alguns destes fatores é muito limitada.

2.2 Exigência climática do tomateiro

Para Cunha (2001) os fatores climáticos que mais comprometem o crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomateiro são a radiação solar e a temperatura. O crescimento e desenvolvimento das culturas dependem das condições ambientais, como é o caso da temperatura, que afeta o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais, em termos de germinação de sementes, floração, polinização e frutificação, qualidade da produção, e da ocorrência de pragas e doenças. (POLVERENTE et al., 2005).

Segundo Fontes (1999) e Beltrão et al., (2002) o cultivo em estufa permite um determinado controle das condições relacionadas ao solo e ao clima, tais como: composição atmosférica, vento, solo, radiação luminosa, umidade do ar e temperatura, e implica na utilização de instrumentação e dispositivos de controle adequados.

De acordo com Angelocci (2002), temperatura, umidade relativa, radiação solar e fluxo de ar são fatores que determinam as condições climáticas internas nas casas de vegetação e no desenvolvimento e produtividade das culturas.

O controle da temperatura no interior do ambiente protegido é essencial, tendo em vista que a mesma é um fator agrometeorológico importante, exercendo influência sobre as funções vitais das plantas (PURQUEIRO; GOTO, 2005). Determinados sistemas empregam o resfriamento por evaporação da água para diminuição da temperatura do ar devido à troca do calor sensível por calor latente, aumentando a quantidade do vapor de água (MONTERO et al., 1990). Segundo Angelocci (2002), a umidade relativa do ar dentro de um ambiente protegido tem influencia direta na temperatura em uma relação inversa entre ambas.

A faixa de temperatura considerada suportável para as hortaliças em geral vai de 5°C a 40°C. O crescimento normalmente aumenta com o aumento da temperatura até 40°C e, posteriormente diminui consideravelmente (ARAÚJO et al., 2012).

Alvarenga (2004) observou que a faixa considerada suportável para a variável temperatura no desenvolvimento e produção do tomateiro é de 10°C a 34°C. Lopes e Stripari (1998) recomendam a observação da diferença de temperatura do dia e da noite, pois ocorre um melhor crescimento quando a temperatura do dia está em

torno de 26°C e a da noite entre 16°C a 20°C, ou seja, tendo uma amplitude de 6°C a 10°C.

Para Filgueira (2000) a temperatura ideal para a produção de tomate pode variar entre 21°C a 28°C durante o dia e 15°C a 20°C durante a noite. Temperaturas diurnas e noturnas mais elevadas prejudicam os frutos no que diz respeito à frutificação e fixação.

Reis et al. (2013) afirmam que a temperatura é fator limitante para o cultivo do tomateiro em estufa, sendo de acordo com os autores, recomendada a máxima de 30°C e a mínima de 12°C. Além disso, para que ocorra um crescimento vegetativo moderado e desejado, a planta exige, também, uma termoperiodicidade ao redor de 6 °C.

Quando a temperatura afasta-se do ótimo, acontece estresse nas plantas, isto leva a uma menor liberação e germinação do grão de pólen, menor fixação dos frutos e ocorrência de frutos pequenos e com poucas sementes (FONTES; SILVA, 2005), além de anomalias como escaldaduras e mudança na coloração dos frutos pela diminuição da síntese de licopeno (SILVA JUNIOR; PRANDO, 1989).

São fatores determinantes nas alterações de desempenho do tomateiro, a elevada temperatura e intensidade luminosa, ambiente típico das zonas tropicais e subtropicais. Nestes casos, a planta, deve apresentar tolerância ao calor, tendo em vista a elevada frequência de abortamento de flores devido, em especial às altas temperaturas (BELFORT et al., 2004). Segundo Rick (1978), o aborto das flores em tomateiro pode ser ocasionado por temperaturas acima de 32°C por mais de três horas, durante o dia.

A umidade relativa do ar é outro importante componente climático, que pode modificar a transpiração da planta por interferir na condutância estomática. Pode influenciar indiretamente na turgência dos tecidos, alterando processos metabólicos ligados ao crescimento da planta, como por exemplo, a absorção de nutrientes (ANDRIOLO, 2000).

Os componentes climáticos têm que estar numa faixa considerada ótima para as culturas. Caso isto não ocorra, seu potencial produtivo é prejudicado, fato muitas vezes ocorrido em ambiente protegido quando não se utiliza nenhum artifício tecnológico para o controle destes (ARAÚJO et al., 2012).

Caliman et al. (2005) defendem que o aumento da umidade do ar favorece a expansão foliar do tomateiro contribuindo para a ocorrência de uma interceptação

maior de energia luminosa, isto resulta numa maior produção de fotoassimilados nas plantas cultivadas em ambiente protegido e, conseqüentemente, aumento da produção.

Segundo Andriolo (2000) a umidade relativa está relacionada ao equilíbrio hídrico das plantas, em que um déficit pode modificar a evapotranspiração e a capacidade do sistema radicular de absorver água e nutrientes. Pezzopane et al., (1995) e Furlan & Folegatti (2002) desenvolveram estudos para caracterizar mudanças de temperatura do ar e umidade relativa em ambientes protegidos e observaram que quando se empregam sistemas de controle por nebulização, há uma variação menor na temperatura do ar ambiente.

O elemento ambiental que mais contribui para as flutuações de florescimento e para o desenvolvimento de frutos é a radiação solar. O valor limite mínimo de radiação solar diária que permite ao tomateiro pleno crescimento é $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Quando a radiação solar é excessivamente elevada pode haver aumento na taxa transpiratória da planta, isto resultará na diminuição da fotossíntese e no fechamento estomático (ANDRIOLO, 2000; REIS et al., 2013).

Há uma influência complexa da luz no que diz respeito ao crescimento, desenvolvimento e produção das culturas e, devido à absorção e reflexão do material da cobertura plástica, a densidade de fluxo da radiação solar global no interior do ambiente protegido, é menor que a observada fora dele (REIS et al., 2013).

Segundo Farias et al., (1994) a cobertura plástica para o cultivo em ambiente protegido modifica o balanço energético e de radiação, com relação ao exterior e, por conseguinte, a evapotranspiração. O consumo de água no interior desse ambiente é possivelmente menor, especialmente pela atenuação que ocorre na incidência da radiação solar e na menor taxa de renovação do ar nas plantas (BURIOL et al., 1995).

O cultivo em ambiente protegido pode ter finalidades distintas de acordo com a região e a época do ano. Quanto maior a latitude, mais o inverno é acentuado, levando a uma maior busca do tradicional efeito estufa; inversamente, quanto menor a latitude e mais próximo ao equador, o objetivo seria o efeito guarda-chuva. Esse efeito não leva a maior retenção de calor sob a cobertura; ao contrário, tende a dissipá-lo por meio da máxima circulação de ar possível e das trocas com o ambiente externo. Nesse caso, a maior finalidade é abrigar as hortaliças,

protegendo-as das elevadas precipitações e radiações, que danificam o cultivo em campo aberto. O uso das estruturas de proteção também auxilia contra a erosão e lixiviação de nutrientes do solo, o excesso de insolação, a lavagem dos defensivos e nutrientes aplicados às folhas e os danos mecânicos causados à planta, como a queda de flores. Com relação ao cultivo do tomate em ambiente protegido, em condições de verão chuvoso, verificou-se a influência positiva do efeito guarda-chuva na diminuição do período de molhamento foliar e, conseqüentemente, na ocorrência de doenças. Também, outros parâmetros climáticos foram favorecidos, beneficiando a cultura (MARTINS, 2003).

Radin (2002) observou que no tomateiro cultivado em ambientes protegidos houve uma diminuição de aproximadamente 30% da radiação fotossinteticamente ativa, apresentando aumento na eficiência de utilização da radiação em aproximadamente 33% na época de primavera-verão e 43% na época de verão-outono, no tomateiro cultivado em estruturas de proteção, coberto por plástico.

Para Souza et al., (1995) na região do Nordeste brasileiro, em Rio Largo (AL), para a produção de hortaliças, a radiação solar demasiada chega a ser mais limitante do que a chuva (precipitação). Verificaram também que a utilização de tela de sombreamento, sobre estrutura de madeira, disposta no sentido norte-sul, reduziu a incidência da radiação solar global interna em 34%, principalmente nos horários em que o sol encontrava-se próximo ao zênite do local.

O uso de técnicas para suavizar a densidade de fluxo da radiação solar incidente, com a finalidade de estimular o crescimento, e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas no período do ano em que a temperatura do ar alcança valores elevados, tem se mostrado útil (PEREIRA, 2002). Para Evangelista & Pereira (2001), quando se cultiva em ambiente protegido, deve-se estar atento às diferenças no ambiente comparadas com o cultivo a céu aberto, no que diz respeito à temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e, conseqüentemente, a evapotranspiração.

2.3 Manejo da irrigação

Para que se alcance bons rendimentos e lucratividade econômica com o tomate, é necessário que os fatores inerentes à nutrição, ao uso correto de água, à genética e à sanidade, estejam em condições adequadas. Dentre esses fatores, a

água é um dos que têm maior influência no crescimento e desenvolvimento das plantas (ALVARENGA, 2004). Santana et al. (2009) citam a deficiência de água como o fator que mais afeta a produção do tomateiro, que segundo Marouelli & Silva (2006) é exigente em água e reage de forma negativa tanto ao excesso quanto ao déficit hídrico.

Alvarenga (2004) afirma que períodos de seca prolongados ou o manejo inadequado da irrigação, levam à escassez de umidade do solo, provocando o abortamento de flores e queda dos botões florais. Por outro lado Silva et al. (2013) dizem que, quando existe excesso de umidade o apodrecimento e surgimento de fendas nos frutos, se incrementarão. Além disso, verifica-se o surgimento de fungos determinantes nas doenças do tomateiro.

A avaliação dos sistemas de irrigação instalados no interior de um ambiente protegido ainda é pouco comum, devido o produtor ter a ilusão de que o mais importante é o ambiente em que a cultura esta inserida, deixando de lado o sistema de irrigação. Os sistemas de irrigação localizados são extremamente importantes no cenário agrícola brasileiro, com aplicações voltadas principalmente para a fruticultura, horticultura e fertirrigação (MATOS et al., 1999).

Geralmente, esses sistemas são mais empregados em culturas perenes que apresentam maior espaçamento entre plantas e entre fileiras. Segundo Bernardo et al. (2006), esses sistemas caracterizam-se por aplicar água somente na zona radicular das culturas, em pequenas intensidades, porém com alta frequência (turno de rega de um a quatro dias), de modo que se mantenha a umidade do solo ao nível da capacidade de campo ou próximo dele.

Na cultura do tomateiro em ambiente protegido, é comum a combinação do uso de cultivares e de irrigação por gotejamento as quais começam, também, a serem usadas no campo. A irrigação é realizada por gotejamento via fita ou tubo gotejador que é estendido no solo ao longo da fileira de plantas. O uso de cultivares e de gotejamento é efetivo, porém é mais oneroso do que o uso de cultivares e irrigação por mangueira e influenciam marcadamente o custo de produção (FONTES et al., 2007).

2.4 Eficiência do uso da água

O conhecimento da eficiência do uso da água pelas culturas é fundamental em regiões áridas e semiáridas, onde a disponibilidade de recursos hídricos é escassa.

A eficiência do uso da água (EUA) é definida como a relação entre a produtividade da cultura e o volume total de água consumido nos processos de produção. A EUA depende diretamente dos sistemas de irrigação, das condições físicas do solo, das características atmosféricas, do estado nutricional das plantas, de fatores fisiológicos, da natureza genética e do seu estágio de desenvolvimento da cultura (CALVACHE et al., 1997).

Existem três formas de expressar o modo eficiente como a água é usada pelas plantas: a eficiência do uso da água da biomassa, que relaciona a quantidade de biomassa produzida e a água consumida; a EUA instantânea da planta que relaciona a assimilação de CO_2 com a transpiração; e a EUA intrínseca da planta que relaciona a assimilação de CO_2 com a condutância estomática. Esses parâmetros são muito úteis em projetos de irrigação visando à economia de água (FLEXAS et al., 2004).

A técnica da irrigação pressurizada apresenta níveis de eficiência do uso da água superiores aos demais sistemas, além de adaptarem-se a quase todos os tipos de cultura (BERNARDO et al., 2006).

A distribuição da água e a manutenção de níveis ótimos de umidade no solo durante todo o ciclo da cultura reduzem as perdas de água por drenagem e os períodos de estresse hídrico da cultura, aumentando assim a EUA. Isto pode ser atingido com aplicações de água com maior frequência e em menores lâminas de irrigação (LIN et al, 1983; SRINIVAS et al., 1989; MISHRA et al., 1995; SAEED; EL-NADI, 1997; SOUSA et al., 1998).

3 ARTIGO I

Microclima e eficiência do uso da água para dois sistemas de produção do tomate cereja¹

Resumo: O presente trabalho, conduzido no município de Petrolina-PE, teve como objetivo avaliar o microclima e a eficiência do uso da água de irrigação em função das lâminas e intermitências de irrigação para o cultivo do tomateiro, tipo cereja, em ambiente protegido e a céu aberto. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 3, com 4 repetições, com aplicação de três lâminas e três intermitências de irrigação. Duas estações meteorológicas automáticas foram instaladas nas áreas de cultivo do tomateiro e uma terceira, em ambiente gramado, equipadas com sensores para obtenção de valores de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento e radiação solar. Constatou-se que os resultados das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do ar não proporcionaram diferenças significativas entre os ambientes de cultivo protegido e a céu aberto, diferente da velocidade do vento e da radiação solar global que se mostraram inferiores em 41,7% e 44,6% em relação ao ambiente a céu aberto, respectivamente. Os maiores valores de eficiência do uso da água foram obtidos no ambiente protegido.

Palavras-chave: ambiente protegido, temperatura do ar, umidade relativa, radiação global, lâmina.

Abstract: This study, conducted in the city of Petrolina-PE, aimed to evaluate the microclimate and the efficiency of the use of irrigation water according to the blades and flashes of irrigation for the cultivation of tomato, cherry type in a protected environment and in a sky open area. The experimental design was a randomized block in the factorial 3 x 3, with four replications, applying three blades and three flashes irrigation. Two automatic weather stations were installed in the areas of tomato cultivation and a third in a lawn environment, equipped with sensors to obtain temperature and relative humidity, speed and wind direction and solar radiation. It was found that the results of climate variables of temperature and relative humidity did not provide significant differences between the protected environment and in the open area, different wind speed and solar radiation that were inferior in 41.7% and 44.6%,

¹Artigo segundo normas da revista AGRIAMBI

33 respectively, compared to the open area environment. The highest water use efficiency
34 values were obtained in the protected environment.

35

36 **Keywords:** protected environment, air temperature, relative humidity, global
37 radiation, blade.

38

INTRODUÇÃO

39 O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) foi introduzido na Europa levada das
40 Américas, região dos Andes, tornando-se conhecido por botânicos em meados do século
41 XVI (Peralta, 2006). Naquela região, considerada centro de origem, ainda hoje são
42 encontradas numerosas espécies em sua forma primitiva, inclusive, de tomate cereja,
43 considerado por muitos autores como o ancestral mais próximo dos genótipos
44 tradicionalmente cultivados. Por isso, os tomateiros do grupo cereja têm sido
45 considerados, os mais rústicos dentre os tomateiros cultivados (Rodrigues et al.,2008).

46 No Brasil, o tomateiro é uma hortaliça de grande importância econômica e social
47 sendo cultivado nas mais diversas regiões do país. Segundo Levantamento Sistemático
48 da Produção Agrícola (LSPA) de novembro de 2014, elaborado pelo Instituto Brasileiro
49 de Geografia e Estatística – IBGE, a cultura do tomate ocupava, em 2014, uma área de
50 64,3 mil hectares, liderada pela região Sudeste com uma área de 26 mil hectares. O
51 Nordeste atingiu 15,2 mil hectares, destacando-se como os maiores produtores, os
52 estados da Bahia, Ceará e de Pernambuco com 6,0 mil, 4,5 mil e 3,6 mil hectares,
53 respectivamente.

54 Mikishima & Miranda (1995) reforçam que para o alcance de rendimentos ótimos, o
55 tomateiro tem requerimentos específicos quanto às condições climáticas. Em
56 localidades com altitudes inferiores a 400 m e temperaturas elevadas, as melhores
57 produtividades têm sido obtidas no outono-inverno, quando então a temperatura
58 ambiente torna-se mais amena. Dentre as alternativas que tem sido utilizada para
59 viabilizar o cultivo nessas regiões, destaca-se o uso de telas de sombreamento, como
60 forma de reduzir a intensidade da energia solar incidente no dossel das plantas,
61 contribuindo para um melhor desempenho produtivo, quando comparado com o cultivo
62 a céu aberto (Rocha, 2007).

63 O uso de coberturas conserva a umidade e a temperatura do solo reduzindo a
64 amplitude térmica, favorece o metabolismo da planta e a antecipação do ciclo
65 vegetativo. O desenvolvimento de cultivares de tomate tolerantes ao calor poderia

66 contribuir não apenas para ampliar o período de cultivo e incorporar novas regiões de
67 exploração, mas também para a seleção de genótipos para cultivo em sistemas orgânicos
68 de produção (Gusmão et al., 2006).

69 Para que se alcance bons rendimentos e lucratividade econômica com o tomate é
70 necessário que os fatores inerentes à nutrição, ao uso correto de água, à genética e à
71 sanidade, estejam em graus adequados. Dentre esses fatores a água é um dos que
72 apresenta maior influência nas características de crescimento e desenvolvimento das
73 plantas (Alvarenga, 2004). Santana et al., (2009) citam a deficiência de água como o
74 fator que mais afeta a produção do tomateiro, que segundo Marouelli & Silva (2006) é
75 exigente em água e reage de forma negativa tanto ao excesso quanto ao déficit hídrico.

76 Este trabalho teve como objetivo avaliar o microclima e a eficiência do uso da água
77 de irrigação em função das lâminas e intermitências de irrigação para o cultivo do
78 tomateiro, tipo cereja, em ambiente protegido e a céu aberto, na região do Submédio do
79 Vale do São Francisco.

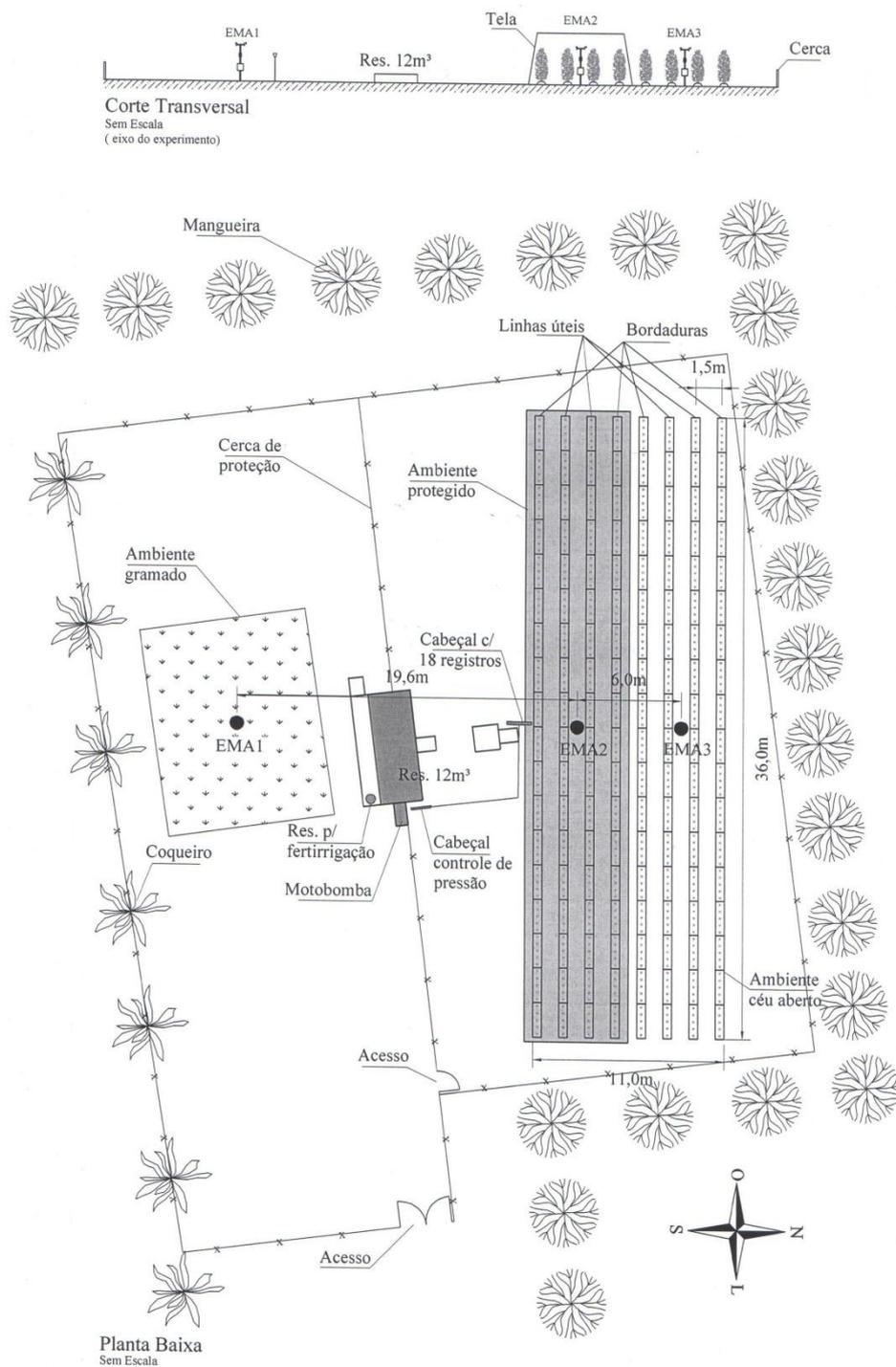
80 MATERIAL E MÉTODOS

81 O estudo foi desenvolvido numa propriedade rural situada no município de Petrolina-
82 PE, no período de 08 de Julho a 20 de Outubro de 2014, coordenadas geográficas
83 09°26'S, 40°46'O e altitude 380 m. O clima local é do tipo Bsw, semiárido, de acordo
84 com a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 526 mm.

85 O solo no qual o experimento foi implantado, segundo a Classificação Brasileira de
86 Solos (EMBRAPA, 2006) é do tipo Neossolo Quartzarênico de acordo com estudo
87 pedológico realizado e análises físicas de solo que demonstram composição textural da
88 ordem de 98% de areia fina na profundidade de 0 a 100 cm.

89 O estudo compreendeu dois experimentos, um protegido, com tela de polietileno tipo
90 chromatinet silver[®] com 35% de transparência e outro a céu aberto, cujas áreas tinham
91 5,5 m de largura por 36,0 m de comprimento. A orientação das áreas experimentais foi
92 no sentido leste-oeste, a fim de se obter a incidência da radiação solar sempre com o
93 mesmo ângulo tanto sobre a tela quanto no cultivo a céu aberto para qualquer momento
94 do período de realização do estudo (Figura 1).

95 O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema
96 fatorial 3 x 3, em 4 repetições para cada ambiente, com aplicação de três lâminas de
97 irrigação: L100 = 1,00xEtc, L75 = 0,75xEtc e L50 = 0,50xEtc e por três intermitências



98

99

100

101

102 Figura 1. Layout do experimento em planta baixa e corte transversal, destacando-se a
 103 posição relativa do ambiente gramado e das áreas de cultivo protegido e a céu aberto do
 104 tomateiro, assim como, a localização das três estações meteorológicas automáticas
 105 (EMA). Petrolina, PE, jul a out de 2014.

106 de irrigação I-1 = uma vez, I-2 = duas vezes e I-3 = três vezes por dia, resultando em 9
107 tratamentos e 36 parcelas. A primeira irrigação foi feita sempre as 7h, a segunda as 13h
108 e a terceira as 17h.

109 No ambiente protegido a tela foi instalada a 3,00 m de altura, com teto horizontal e
110 laterais verticais, deixando um espaço aberto de 0,30 m, em relação à superfície do solo.

111 Foi utilizado o tomate tipo cereja (cv. *Sweet Million*), de crescimento indeterminado.
112 Cada parcela foi constituída por cinco plantas espaçadas entre si de 0,40 m na fileira e
113 de 1,50 m entre fileiras. Apenas as três plantas centrais foram consideradas como uteis.
114 Vale ressaltar, que as plantas foram situadas sobre camalhão coberto com lona de
115 polietileno de cor preta e que as plantas foram decepadas quando alcançavam a altura de
116 1,80 m.

117 No centro de cada ambiente foi instalada uma estação meteorológica automática e
118 uma terceira em uma área gramada, distando de 16,60 m da área telada (Figura 1).
119 Foram observadas em cada uma das estações, as seguintes variáveis climáticas: a)
120 temperatura do ar a 0,50 m de altura; b) temperatura do ar e umidade relativa do ar a
121 1,50 m de altura; c) velocidade e direção do vento a 2 m de altura; d) componentes do
122 balanço de radiação utilizando um Net radiômetro CRN1, que foi instalado inicialmente
123 a 1,00 m acima da superfície do solo, aos 51 dias após transplântio (DAT) foi elevado
124 para 1,50 m e aos 72 dias DAT para 2,00 m de altura. Na estação localizada na área
125 gramada, também foi medida a precipitação pluviométrica. Os sensores instalados em
126 cada ambiente foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados,
127 datalogger, modelo CR23X (Campbel Sci.). Os dados foram registrados a cada segundo
128 e as médias computadas a cada hora, 24 horas por dia.

129 Adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se fitas gotejadoras
130 com emissores espaçados de 0,20 m e vazão de $1,5 \text{ L h}^{-1}$, tendo as lâminas de água sido
131 aplicadas em conformidade com os tratamentos.

132 Os valores diários de Etc (evapotranspiração da cultura) foram calculados por meio
133 dos dados meteorológicos medidos em cada ambiente cultivado, utilizando-se a equação
134 de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), que multiplicados pelos fatores 1,00, 0,75 e
135 0,50 constituíram às lâminas de irrigação aplicadas por tratamento, considerando-se
136 uma eficiência de aplicação de 90%, que por sua vez foram fracionadas em uma, duas e
137 três vezes, constituindo os tratamentos de intermitências de irrigação.

138 A sementeira foi feita no dia 03/06/2014, em bandejas plásticas de polietileno, em
139 ambiente protegido com tela de sombreamento preta 50%, até o dia do transplântio.

140 O preparo do solo constou de aração, gradagem e abertura de camalhões. As
141 recomendações para correção do solo, adubação orgânica e adubação química foram
142 feitas com base nos resultados de análise de solo. Constou basicamente do
143 espalhamento a lanço, no eixo dos camalhões, de esterco de curral na proporção de 10
144 kg por metro linear de camalhão, e de produtos comerciais que proporcionaram o
145 incremento ao solo dos seguintes de compostos químicos: N (40 kg ha^{-1}), P_2O_5 (56 kg
146 ha^{-1}), S (22 kg ha^{-1}), Ca (73 kg ha^{-1}) e Mg (12 kg ha^{-1}).

147 Foram realizadas fertirrigações diárias de compostos químicos, considerando os
148 resultados da análise de solo e especificidades da cultura do tomateiro, que totalizaram
149 em: N (230 kg ha^{-1}), P_2O_5 (342 kg ha^{-1}), S (39 kg ha^{-1}), Ca (53 kg ha^{-1}), Mg (3 kg ha^{-1}),
150 NO_3 (173 kg ha^{-1}), NH_4 (57 kg ha^{-1}), K_2O (372 kg ha^{-1}), além de B ($0,17 \text{ kg ha}^{-1}$), Cu
151 ($0,17 \text{ kg ha}^{-1}$), Fe ($0,83 \text{ kg ha}^{-1}$), Mn ($0,05 \text{ kg ha}^{-1}$), Mo ($0,05 \text{ kg ha}^{-1}$) e Zn ($0,41 \text{ kg ha}^{-1}$).
152 ¹).

153 O transplântio das mudas para o ambiente protegido e a céu aberto foi realizado no
154 dia 08/07/2014.

155 A primeira colheita foi feita no dia 30/08/14, aos 53 DAT, e as demais realizadas,
156 semanalmente, até o dia 22/10/2014, num total de nove colheitas, considerando-se
157 apenas os frutos maduros. Logo após a colheita, os frutos eram classificados em três
158 categorias: a) frutos pequenos (diâmetro transversal $\leq 2,2 \text{ mm}$); b) frutos grandes
159 (diâmetro transversal $> 2,2 \text{ mm}$) e, c) frutos não comerciais (podres e defeituosos), cuja
160 classificação foi sugerida por Holcman (2009). Os diâmetros dos frutos foram
161 verificados com paquímetro digital, com precisão de 0,01mm.

162 A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada com base na relação entre a
163 produção comercial e a lâmina total aplicada por planta, durante o período de cultivo.

164 Os dados referentes a cada sistema de cultivo foram submetidos à análise de
165 variância (ANOVA) utilizando-se o programa SISVAR 5.3 (Ferreira, 2006). Ocorrendo
166 diferença significativa entre as médias, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de
167 probabilidade. Para realizar a comparação entre a eficiência de uso da água nos sistemas
168 de cultivo protegido e a céu aberto utilizou-se contrastes não ortogonais ($Y = +1-1$)
169 aplicando o teste de scheffé a 5% de probabilidade (Banzatto e Kronka, 2006).

170

171

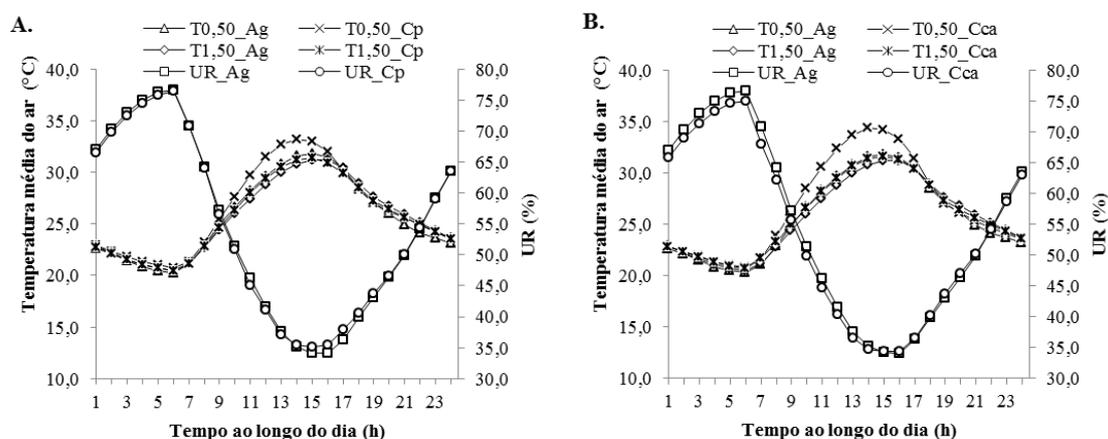
RESULTADOS E DISCUSSÃO

172

173 1. Análise microclimática dos ambientes

174 A análise das variáveis climáticas mensuradas nos ambientes protegido e a céu
 175 aberto foi feita separadamente, considerando-se valores médios horários e diários, os
 176 quais foram comparados aos valores médios obtidos no ambiente gramado, ao longo de
 177 todo o período do experimento.

178 Nas Figuras 2A e 2B estão apresentados os valores médios horários da temperatura
 179 do ar a 0,50 m ($T_{0,5}$) e a 1,50 m ($T_{1,5}$) acima da superfície do solo e da umidade relativa
 180 do ar (UR) para toda a fase de cultivo do tomateiro, obtidos no ambiente gramado (Ag),
 181 ambiente protegido (Cp) e a céu aberto (Cca).



182

183 Figura 2. Média horária da temperatura do ar a 0,50 m de altura (A) e a 1,50 m de altura
 184 (B) e da umidade relativa do ar ao longo do dia em ambiente gramado, cultivo protegido
 185 e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.

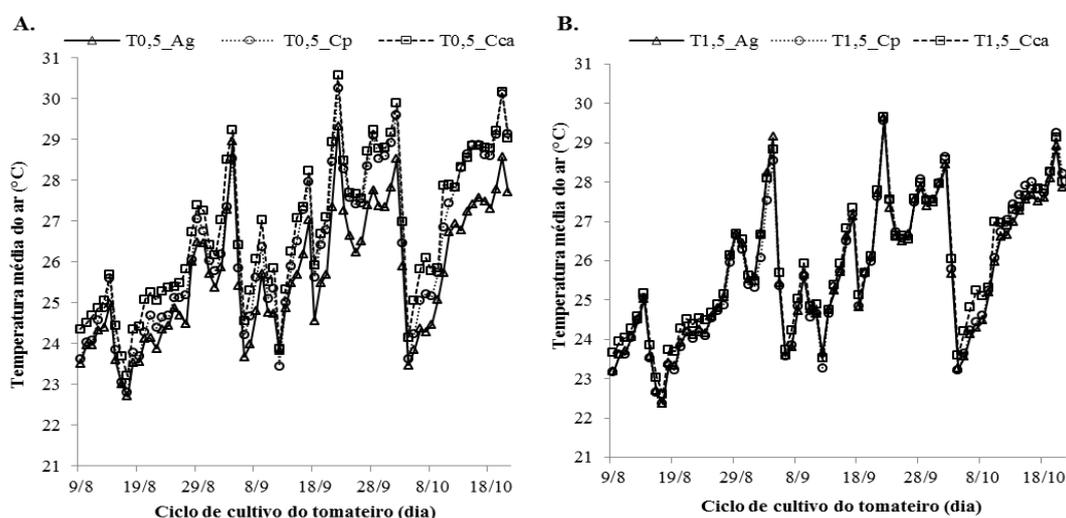
186 Pode-se observar, no ambiente gramado, que os valores horários médios de
 187 temperatura do ar, medidos ao longo do dia a 0,50 m e a 1,50 m acima da superfície do
 188 solo apresentaram resultados semelhantes, tendo os valores mais elevados sido de 31,8 e
 189 de 31,2 °C, respectivamente, ocorridos no horário das 15 h, enquanto no cultivo em
 190 ambiente protegido foi de 33,2 °C para 0,50 m e de 31,4 °C para 1,50 m, ocorridos no
 191 horário das 14 e 15 h. Os valores médios diurnos no ambiente de cultivo protegido,
 192 correspondentes ao período entre 6 e 17 h, foram de $28,4 \pm 4,3$ °C para 0,50 m e de
 193 $27,3 \pm 4,1$ °C para 1,50 m, enquanto que para o período noturno esses valores foram de
 194 $24,1 \pm 7,1$ °C tanto para a altura de 0,50 m quanto para a altura de 1,50 m (Figura 2A).

195 Quando se comparou o ambiente do cultivo a céu aberto com o gramado, verificou-
 196 se que os valores horários médios de $T_{0,5}$ e de $T_{1,5}$ mostraram-se ligeiramente mais
 197 elevados, do que os registrados no ambiente gramado, principalmente, no período

198 compreendido entre 06 e 17 h, tendo os valores mais elevados sido de 34,2 °C para 0,50
 199 m e de 31,7 °C para 1,50 m, ocorridos no horário das 15 h. Para o período diurno os
 200 valores médios no ambiente de cultivo a céu aberto foram de 29,3±5,0 °C para 0,50 m e
 201 27,6±4,0 °C para 1,50 m, enquanto que para o período noturno foram de 24,1±7,1 e
 202 24,2±7,1 °C, para T_{0,5} e T_{1,5}, respectivamente. (Figura 2B). Essas condições são
 203 diferentes daquelas mencionadas por Martins et al. (1999), que recomenda temperaturas
 204 oscilando entre 21 e 27 °C no período diurno e entre 15 e 18 °C durante à noite.

205 Nas Figuras 3A e 3B são apresentados os valores médios diários de T_{0,5} e de T_{1,5}
 206 obtidos ao longo do ciclo de cultivo do tomateiro, para os ambientes gramado, protegido
 207 e a céu aberto. Pode-se observar que os valores médios diários da temperatura do ar
 208 mostram variações bastantes semelhantes nos três tipos de ambientes, especialmente,
 209 para a altura de 1,50 m, tendo os mesmos apresentados tendências crescentes ao longo
 210 do ciclo de cultivo do tomate.

211 Os valores diários médios registrados ao longo do ciclo fenológico do tomateiro no
 212 cultivo em ambiente protegido foram de 26,2±1,9 °C para altura de 0,5 m e de 25,6±1,8
 213 °C para a altura de 1,5m, enquanto que no cultivo a céu aberto foram de 26,6±1,8 e de
 214 25,8±1,7 °C, respectivamente (Figura 3).



215

216 Figura 3. Média diária da temperatura do ar a 0,50 m de altura (A) e a 1,50 m de altura
 217 (B), durante o ciclo de cultivo do tomateiro em ambiente gramado, cultivo protegido e a
 218 céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.

219 Contudo, na altura de 0,5 m, verificaram-se diferenças de temperatura acentuadas
 220 entre os dois tipos de ambientes de cultivo e o ambiente gramado que podem ser
 221 decorrentes do calor sensível oriundo da faixa de solo desnudo (rua entre duas fileiras
 222 consecutivas) e da lona plástica utilizada como cobertura do camalhão onde as fileiras

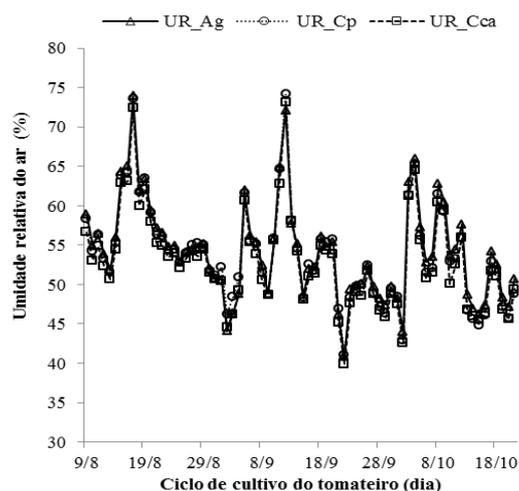
223 de plantas foram situadas. Já no ambiente gramado, a área era livre de obstáculos e a
224 grama frequentemente irrigada. Estes resultados indicam que a tela de polietileno
225 utilizada na cobertura do ambiente protegido não influenciou na redução da temperatura
226 do ar a 1,50 m de altura.

227 Para Fontes & Silva (2005) quando a temperatura ultrapassa o limite ideal máximo
228 recomendado para a cultura, durante o período do seu ciclo produtivo pode promover
229 resultados indesejáveis na produção, uma vez que, a temperatura ao se afastar da faixa
230 do ótimo, ocorrem estresses térmicos nas plantas, implicando numa menor liberação e
231 germinação do grão de pólen, menor fixação dos frutos e ocorrência de frutos pequenos
232 e com poucas sementes.

233 Segundo Alvarenga (2004), a faixa de temperatura considerada suportável para a
234 produção do tomateiro, oscila entre 10 a 34 °C e, portanto, a temperatura reinante no
235 experimento esteve dentro desta faixa. Lopes & Stripari (1998) afirmam que a
236 temperatura do ar oscilando em torno de 26 °C, durante o período diurno e entre 16 e 20
237 °C no período noturno, pode proporcionar melhor crescimento ao tomateiro.

238 Quando se analisa a evolução da umidade relativa do ar (UR), observa-se que os seus
239 valores horários médios mais elevados da ordem de 76,7, 76,5 e de 75,0% nos
240 ambientes gramado, cultivo protegido e a céu aberto, respectivamente, ocorreram no
241 horário das 06 h, enquanto os menores de 34,1% para o ambiente gramado, 35,2% para
242 o protegido e de 34,3% para céu aberto, ocorreram no horário das 15 h (Figuras 2A e
243 2B).

244 Os valores médios diários obtidos foram da ordem de $54,2 \pm 6,3\%$ para o ambiente
245 gramado, de $54,5 \pm 6,3\%$ para o cultivo protegido e de $53,7 \pm 6,2\%$ para o cultivo a céu
246 aberto (Figura 4).



247

248 Figura 4. Média diária da umidade relativa do ar durante o ciclo de cultivo do tomateiro,
 249 em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de
 250 2014.

251 Quando se analisam as médias diurnas e noturnas da umidade relativa do ar verifica-
 252 se que esses valores oscilaram em torno de $48,8 \pm 15,2$ e de $59,8 \pm 20,7\%$ para o ambiente
 253 gramado, $48,8 \pm 14,8$ e de $59,8 \pm 20,5\%$ para o cultivo protegido e $47,7 \pm 14,4$ e de
 254 $59,3 \pm 20,1\%$ para o cultivo a céu aberto.

255 Resultados semelhantes foram constatados por Araquam (2013), em estudo
 256 conduzido com pimentão, na região do Vale do Submédio São Francisco, utilizando três
 257 tipos de telas, no qual foi constatado que a umidade relativa do ar foi praticamente igual
 258 em todos os ambientes.

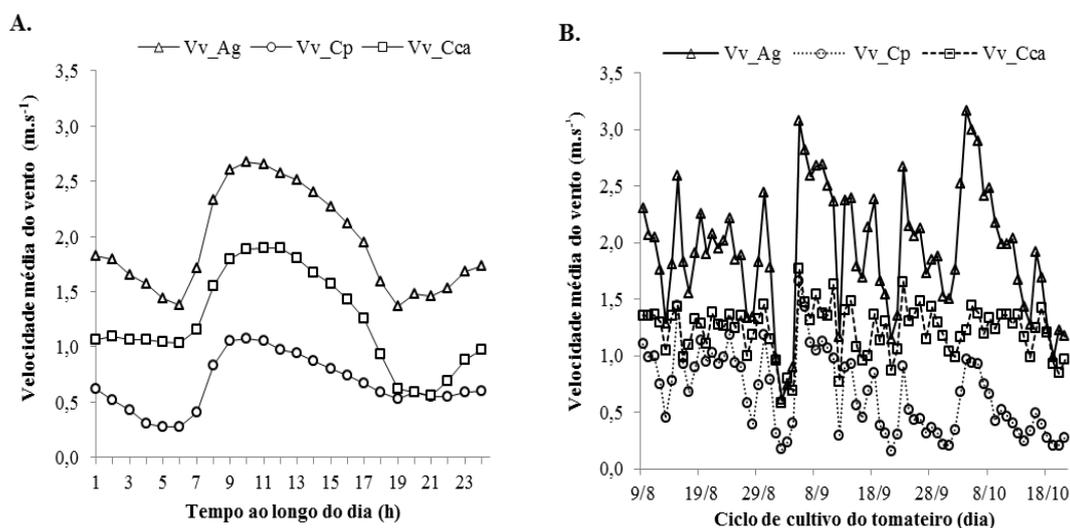
259 Caliman et al., (2005) defendem que o aumento da umidade do ar no ambiente
 260 protegido favorece a expansão foliar do tomateiro, que resulta em uma maior
 261 percentagem de interceptação de energia luminosa, de maneira a compensar a produção
 262 de fotoassimilados e, conseqüentemente, o aumento da produtividade de frutos.

263 Martins et al. (1999), afirmam que a umidade relativa do ar (UR) durante a noite
 264 variando entre 70 e 80%, favorece o translocamento dos produtos assimilados durante o
 265 período diurno.

266 No que concerne à velocidade média horária do vento, observou-se que os seus
 267 valores mostraram-se bem mais elevados durante o período das 7 às 17 h, oscilando
 268 entre $0,4$ e $1,1 \text{ m s}^{-1}$ no cultivo protegido e entre $1,2$ e $1,9 \text{ m s}^{-1}$ no cultivo a céu aberto,
 269 com médias de $0,9 \pm 0,2$ e de $1,6 \pm 0,3 \text{ m s}^{-1}$, resultando numa média de aproximadamente
 270 43,7% menor, no ambiente protegido. No ambiente gramado os valores oscilaram entre
 271 $1,7$ e $2,7 \text{ m s}^{-1}$, com média de $2,3 \pm 0,3 \text{ m s}^{-1}$, no mesmo intervalo de tempo, 7 às 17 h

272 (Figura 5A). Na Figura 5B estão apresentados os valores médios diários da velocidade
 273 do vento ao longo do ciclo de cultivo do tomateiro, obtidos no ambiente gramado,
 274 protegido e a céu aberto.

275



276

277 Figura 5. Média horária ao longo do dia (A) e média diária (B) da velocidade do vento a
 278 2,0 m de altura ao longo do ciclo de cultivo do tomateiro, em ambiente gramado, cultivo
 279 protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.

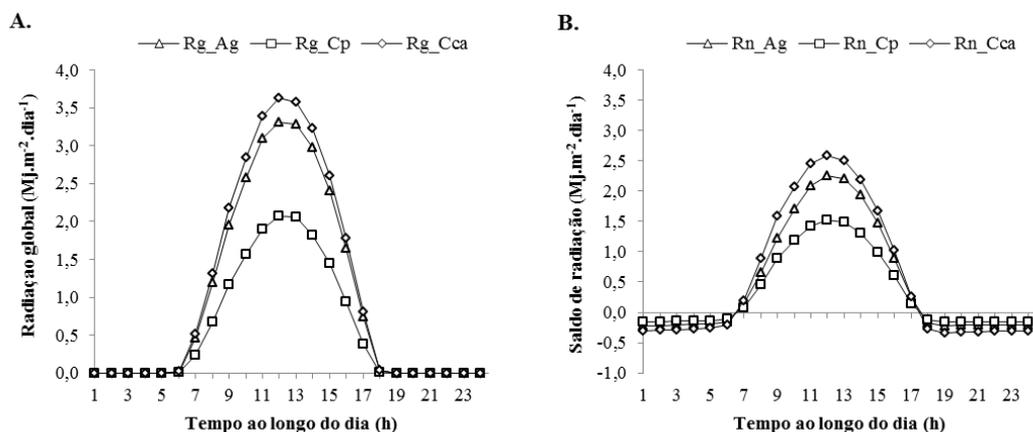
280 Analisando-se a velocidade média diária do vento nos dois ambientes cultivados,
 281 constatou-se variação de 0,2 a 1,7 m s⁻¹ e média de 0,7±0,4 m s⁻¹ no ambiente protegido,
 282 enquanto que no ambiente a céu aberto, os valores oscilaram entre 0,6 a 1,8 m s⁻¹ com
 283 média de 1,2±0,2 m s⁻¹. Portanto, a velocidade do vento no ambiente protegido foi
 284 menor 41,7% do que no ambiente a céu aberto (Figura 5B). Porém, quando se analisou
 285 o ambiente gramado, verificou-se que a velocidade média diária do vento variou de 0,6
 286 a 3,2 m s⁻¹ e que a média foi de 1,9±0,6 m s⁻¹.

287 A diferença marcante de velocidade do vento entre os dois ambientes de cultivo é
 288 decorrente da interferência da tela utilizada no ambiente protegido a qual exerce o efeito
 289 de frenagem, reduzindo a penetração do vento no interior do ambiente protegido. Vale
 290 salientar, que o ambiente protegido estava localizado entre a área gramada, livre de
 291 obstáculos, e a área de cultivo a céu aberto, o que provocou redução acentuada da
 292 velocidade do vento neste último. Esta condição pode ter contribuído para a ocorrência
 293 de uma maior percentagem de abortamento de flores, principalmente, no ambiente
 294 protegido.

295 Resultados similares foram obtidos por Harmanto et al. (2005), em estudo realizado
 296 com tomate em estufa, que obtiveram valores médios de velocidade do vento em torno

297 de $0,2 \text{ m s}^{-1}$, no interior da estufa, enquanto na área externa, os seus valores variaram
 298 entre $1,0$ e $5,4 \text{ m s}^{-1}$.

299 Nas Figuras 6A e 6B estão apresentados a evolução dos valores médios horários da
 300 radiação global (Rg) e do saldo de radiação (Rn) para o tomateiro cultivado em
 301 ambiente gramado, protegido e a céu aberto.

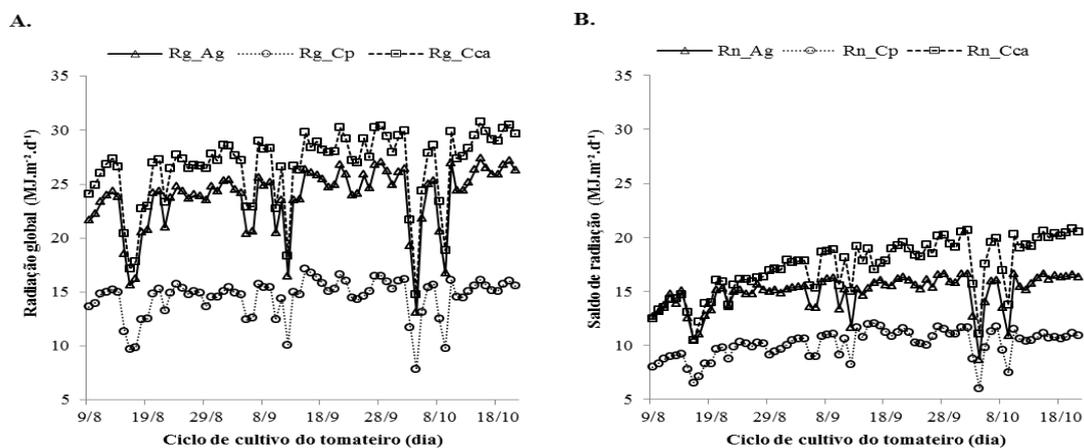


302

303 Figura 6. Média horária da radiação global (A) e do saldo de radiação (B) ao longo do
 304 dia, em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out.
 305 2014.

306 Quando se analisa a radiação global (Rg) e o saldo de radiação (Rn) dos três
 307 ambientes, pode-se observar que as curvas dos valores horários médios correspondente
 308 ao ambiente a céu aberto mostram-se ligeiramente mais elevadas do que no ambiente
 309 gramado e que ambas foram bastante superiores a obtida para o ambiente protegido
 310 (Figura 6A e 6B).

311 Nas Figuras 7A e 7B estão apresentados os valores médios diários da radiação global
 312 (Rg) e do saldo de radiação (Rn), obtidos ao longo do ciclo de cultivo do tomateiro, nos
 313 ambientes gramado, cultivo protegido e a céu aberto.



314

315 Figura 7. Média diária da radiação global (A) e do saldo de radiação (B) ao longo do
316 ciclo de cultivo do tomateiro, em ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto.
317 Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.

318 No que diz respeito aos valores médios diários obtidos ao longo de todo o ciclo de
319 cultivo do tomateiro, constataram-se que estes foram da ordem de $23,7 \pm 3,0$, $14,3 \pm 1,8$ e
320 de $25,8 \pm 3,4$ MJ m⁻² dia⁻¹, para o ambiente gramado, cultivo protegido e a céu aberto,
321 respectivamente (Figura 7A). No que concerne ao saldo de radiação (Rn), constataram-
322 se variações similares as observadas para a radiação global, tendo os seus valores sido
323 da ordem de $14,9 \pm 1,6$ MJ m⁻² dia⁻¹ para o ambiente gramado, de $10,1 \pm 1,3$ MJ m⁻² dia⁻¹
324 para o ambiente protegido e de $17,3 \pm 2,6$ MJ m⁻² dia⁻¹ para o cultivo protegido (Figura
325 7B). Quando se relacionam os valores de Rn com os de Rg, correspondentes a cada tipo
326 de ambiente, obtiveram-se valores da ordem de 63, 71 e de 67%, referentes aos
327 ambientes gramado, cultivo protegido e ao cultivo a céu aberto, respectivamente.

328 Esses dados indicam que a quantidade de Rg incidente no ambiente protegido
329 corresponde a apenas 55,4% da energia solar global incidente no ambiente a céu aberto
330 (Figura 7A). Por outro lado, quando se relacionam as quantidades de radiação solar
331 global do cultivo a céu aberto com a Rg registrada no ambiente gramado, constata-se
332 que o valor de Rg obtido no ambiente a céu aberto foi superior cerca de 8,9%. Esta
333 diferença pode ser atribuída ao posicionamento da área de cultivo a céu aberto em
334 relação à área protegida, a qual se encontrava ao norte desta última e no sentido
335 longitudinal leste/oeste (Figura 1), favorecendo assim, a reflexão de radiação global
336 incidente na tela do ambiente protegido em direção ao ambiente a céu aberto, uma vez
337 que a posição relativa do sol foi, predominantemente de norte, durante o período de
338 estudo.

339 O valor limite mínimo de radiação global que proporciona o crescimento pleno do
340 tomateiro oscila em torno de $8,4$ MJ m⁻² dia⁻¹ (Andriolo, 2000). Contudo, quando a
341 radiação solar torna-se excessivamente elevada, a planta tende a fechar os estômatos,
342 reduzindo assim, a taxa transpiratória e como consequência, a taxa fotossintética
343 (Andriolo, 2000; Reis et al., 2013).

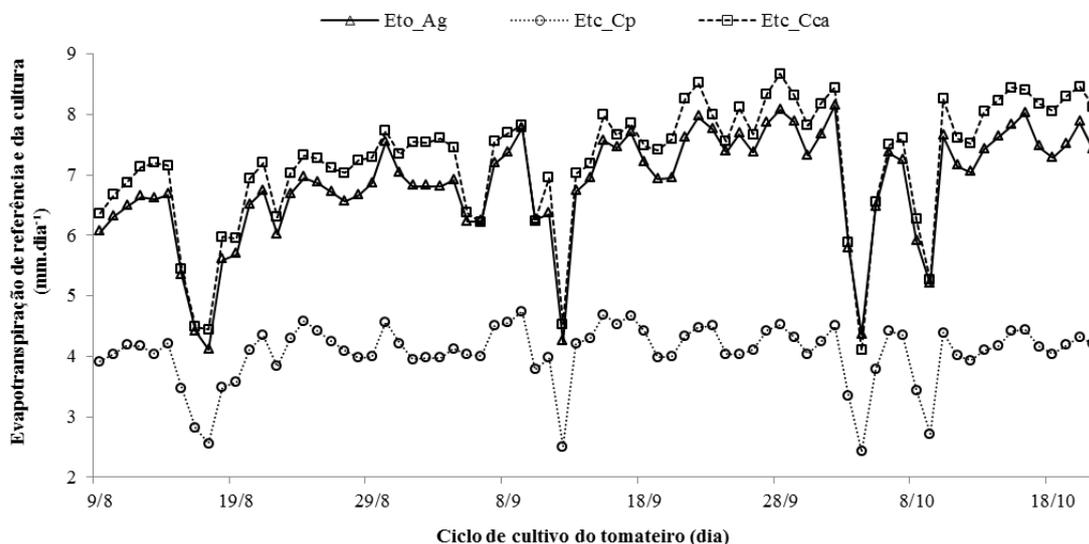
344 Gomes et al. (2011), verificaram que a quantidade de radiação global registrada no
345 ambiente protegido correspondeu a 74% da observada no ambiente externo, cujo valor
346 médio foi $11,77$ MJ m⁻² dia⁻¹, mas que permaneceu acima do limite trófico da cultura.

347 Holcman et al. (2009), concluíram que o valor médio de radiação solar global
348 incidente no ambiente protegido com plástico que difunde 55% da radiação solar, foi

349 bastante superior ao incidente no ambiente coberto com a tela termo-refletores. Contudo,
 350 quando consideraram o saldo de radiação, verificaram que o valor obtido sob a
 351 cobertura com plástico difusor era praticamente igual ao observado no ambiente
 352 externo, em função do aprisionamento de uma maior quantidade de radiação de onda
 353 longa dentro do ambiente protegido, pelo plástico difusor.

354 2. Demanda hídrica da cultura

355 A Figura 8 mostra os valores diários da evapotranspiração de referência (Eto) e da
 356 evapotranspiração da cultura (Etc) determinados ao longo do ciclo de cultivo do tomate
 357 com base nos dados meteorológicos coletados em cada ambiente, utilizando-se a
 358 metodologia proposta pelo manual 56 da FAO (Allen et al., 1998).



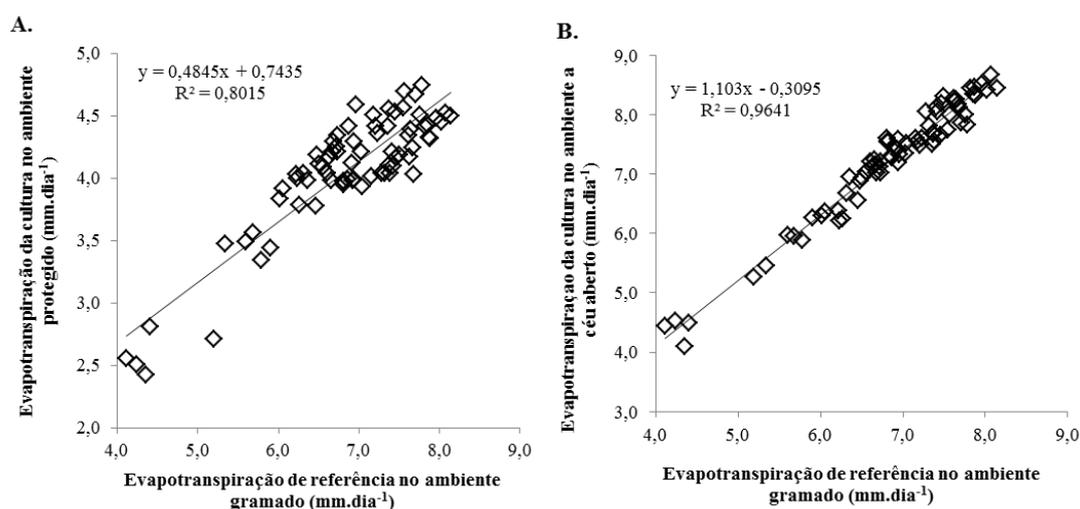
360 Figura 8. Valores diários de evapotranspiração de referência em ambiente gramado e da
 361 evapotranspiração da cultura para o tomate cereja cultivado em ambiente protegido e a
 362 céu aberto. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.

363 Pode-se observar que os valores diários da evapotranspiração da cultura no ambiente
 364 de cultivo protegido (Etc_Cp) mantiveram-se praticamente estáveis ao longo do ciclo
 365 fenológico do tomate, oscilando em torno de 4 mm.dia^{-1} , porém, bastante inferiores aos
 366 da evapotranspiração de referência determinada no ambiente gramado (Eto_Ag) e da
 367 evapotranspiração da cultura obtida para o ambiente de cultivo a céu aberto (Etc_Cca)
 368 (Figura 8). Esta redução marcante dos valores de Etc_Cp é decorrente da redução da
 369 quantidade de radiação global incidente no dossel do tomateiro no ambiente protegido,
 370 uma vez que a tela de polietileno, que utilizada como cobertura do ambiente protegido,
 371 apresentou um albedo médio da ordem de $38,8 \pm 1,7\%$. Os mínimos observados em

372 quatro dias distintos do ciclo do tomate podem ser atribuídos à ocorrência de dias
373 bastante nublados (Figura 8).

374 Constataram-se, também, que os valores médios diários de Etc, considerando o ciclo
375 fenológico do tomate cereja como um todo, foram de $4,1 \pm 0,5$ e de $7,2 \pm 1,0$ mm dia^{-1} ,
376 correspondentes ao cultivo protegido e cultivo a céu aberto, respectivamente (Figura 8).
377 Para o ambiente gramado o valor médio diários da Eto foi de $6,8 \pm 0,9$ mm dia^{-1} . Quando
378 se compara o valor médio diário da Etc_Cp com o da Etc_Cca, verifica-se que este
379 correspondente a, apenas, 56% da Etc_Cca.

380 Realizando-se a correlação entre os valores de Eto_Ag com os de Etc_Cp e com os
381 de Etc_Cca obtiveram-se regressões lineares, cujos coeficientes de determinação (R^2)
382 foram da ordem de 0,8015 e 0,9641, respectivamente (Figuras 9A e 9B).



383

384 Figura 9. Relação entre os valores diários de evapotranspiração de referência
385 determinados em ambiente gramado com os da evapotranspiração cultura do tomate
386 cereja cultivado em ambiente protegido (A) e a céu aberto (B). Petrolina, PE, jul. a out.
387 a 2014.

388 Isto significa que com base nestas equações, pode-se estimar a Etc desta cultura com
389 base nos valores de Eto determinados em outros ambientes semiáridos tropicais.

390 Harmanto et al. (2005), trabalhando com tomate cereja em clima tropical a céu
391 aberto, constataram que a demanda hídrica oscilou entre 4,1 e 5,6 mm dia^{-1} , enquanto
392 Gomes et al. (2011), verificaram que o consumo hídrico desta cultura aumentou, à
393 medida que a temperatura ambiental subiu além de 27 °C, de maneira que os valores
394 mais elevados oscilaram entre 3,0 e 3,5 mm dia^{-1} . Vale salientar, que o valor da Etc é,
395 também, fortemente influenciado pela umidade relativa do ar, mesmo em condições
396 tropicais.

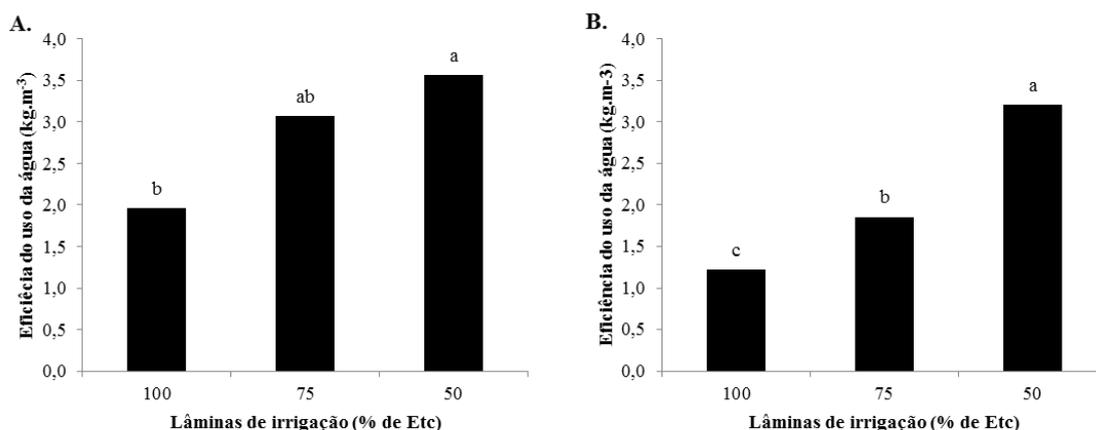
397 3. Eficiência do uso da água

398 De modo geral, a eficiência do uso da água (EUA) é obtida, dividindo-se a
399 produtividade de frutos pelo volume total de água aplicada. Como neste estudo, os
400 frutos colhidos foram divididos em frutos comerciais grandes e pequenos e em frutos
401 totais, as EUAs foram calculadas levando-se em consideração às distintas categorias de
402 frutos dentro de cada tipo de ambiente de cultivo.

403 Constatou-se que houve significância estatística pelo teste F para lâminas de
404 irrigação ao nível de 5% de probabilidade, para a eficiência do uso da água, de frutos
405 pequenos, grandes e totais para ambos os tipos de ambiente, enquanto para as
406 intermitências de irrigação houve significância estatística, pelo teste de F ao nível de 5%
407 de probabilidade, apenas para a variável frutos grandes no ambiente protegido.

408 3.1 Efeito das lâminas de irrigação aplicadas

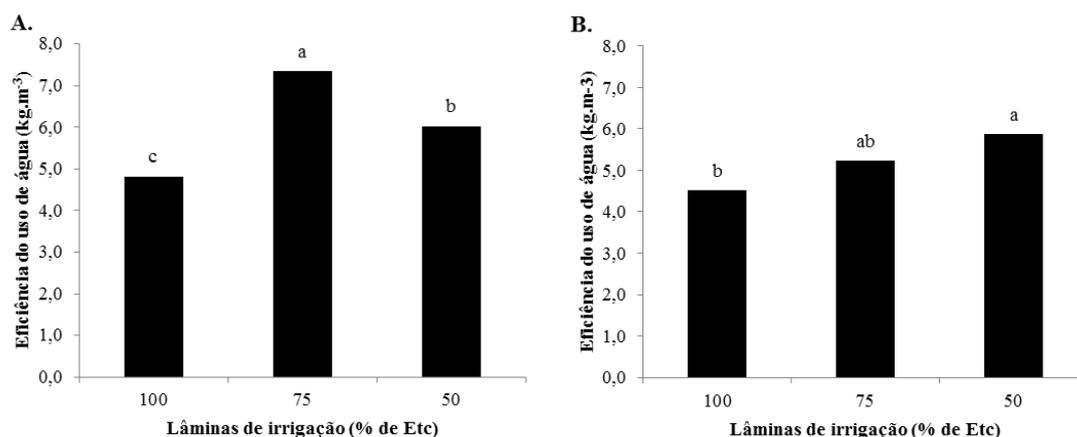
409 Para frutos pequenos a análise de médias revelou que para o ambiente protegido, L50
410 diferiu estatisticamente do tratamento L100 e que as médias dos tratamentos L100 e
411 L75 não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de
412 probabilidade. No ambiente protegido as EUAs foram da ordem de 1,96, 3,07 e 3,56
413 m^{-3} correspondentes aos tratamentos L100, L75 e L50, respectivamente (Figura 10A).
414 Já para o ambiente a céu aberto, a análise de médias revelou que o tratamento L50
415 diferiu estatisticamente dos tratamentos L75 e de L100 e que L75, também, diferiu
416 estatisticamente de L100, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. A EUA do
417 tratamento L50 foi da ordem de 3,21 kg m^{-3} , enquanto para L100 e L75, foram de 1,86 e
418 de 1,22 kg m^{-3} , respectivamente (Figura 10B).



419

420 Figura 10. Eficiências do uso da água de frutos pequenos do tomate cereja por lâminas
421 de irrigação em ambiente protegido (A) e a céu aberto (B). Petrolina, PE, jul. a out. de
422 2014.

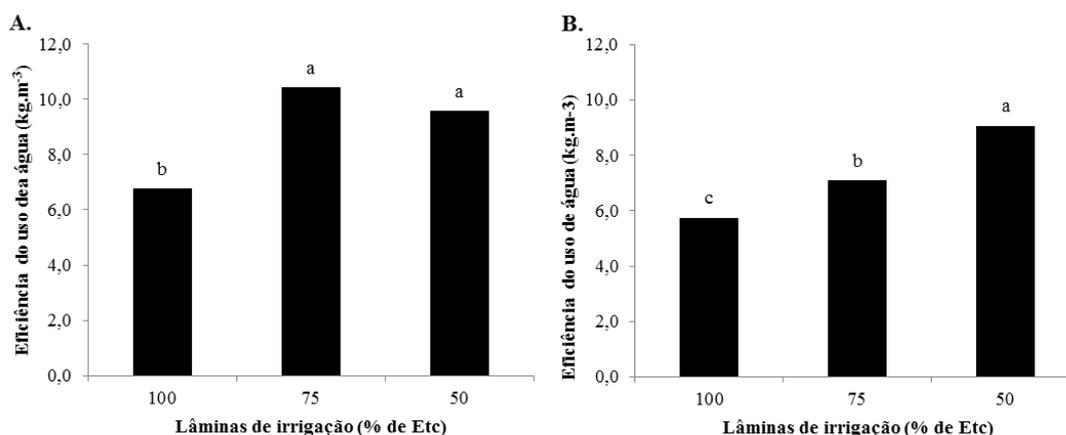
423 Para frutos grandes a análise de médias revelou para o ambiente protegido, que L75
 424 diferiu estatisticamente dos tratamentos L50 e L100 e que, por sua vez diferiram entre
 425 si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, cujas EUAs foram de $4,83 \text{ kg m}^{-3}$
 426 para L100, de $7,35 \text{ kg m}^{-3}$ para L75 e de $6,03 \text{ kg m}^{-3}$ para L50 (Figura 11A). Já para o
 427 ambiente a céu aberto, a análise de médias revelou que o tratamento L50 diferiu
 428 estatisticamente, apenas, do tratamento L100 e que não houve diferença estatística entre
 429 L75 e L100, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, tendo as EUAs sido de
 430 $4,53$, $5,24$ e $5,87 \text{ kg m}^{-3}$ para as lâminas L100, L75 e L50, respectivamente(Figura 11B).



431

432 Figura 11. Eficiências do uso da água de frutos grandes do tomate cereja por lâminas de
 433 irrigação em ambiente protegido (A) e a céu aberto (B). Petrolina, PE, jul. a out. de
 434 2014.

435 Para a variável frutos totais a análise de médias revelou para o ambiente protegido,
 436 que L75 não diferiu estatisticamente de L50, mas que ambos diferiram de L100, pelo
 437 teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, cujos valores de EUA foram de $10,42$, de
 438 $9,59$ e de $6,79 \text{ kg m}^{-3}$, respectivamente (Figura 12A). Já para o ambiente a céu aberto, a
 439 análise de médias revelou que o tratamento L50 diferiu estatisticamente de L75, que por
 440 sua vez também diferiu estatisticamente de L100, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de
 441 probabilidade, tendo os valores de EUA sido da ordem de $9,08$, $7,10$ e de $5,75 \text{ kg m}^{-3}$,
 442 respectivamente (Figura 12B).



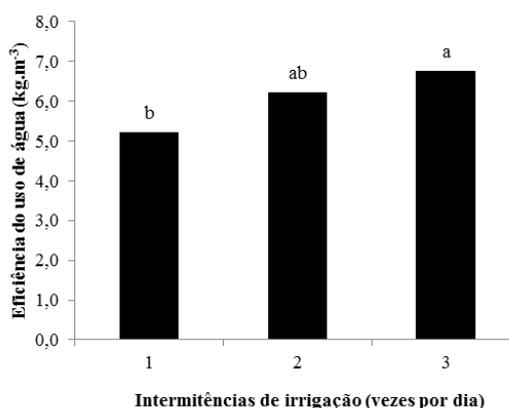
443
444 Figura 12. Eficiências do uso da água de frutos totais do tomate cereja por lâminas de
445 irrigação em ambiente protegido (A) e a céu aberto (B). Petrolina, PE, jul. a out. de
446 2014.

447 Pode-se observar que os maiores valores de eficiência do uso da água obtidos com a
448 lâmina L50 em ambos os tipos de ambientes foram para frutos pequenos. Contudo, as
449 maiores eficiências foram para frutos totais correspondentes a L75, no ambiente
450 protegido e a L50 no ambiente a céu aberto.

451 Resultados menos expressivos foram obtidos por Harmanto et al. (2005), trabalhando
452 com irrigação contínua e intermitente, cujos valores de EUA foram de apenas 0,95 e
453 0,88 kg.m⁻³, respectivamente, para o tratamento L75% da ETo.

454 3.2 Efeito das intermitências de irrigação no ambiente protegido

455 Para frutos totais no ambiente protegido, a análise de médias revelou que o
456 tratamento I-3 diferiu estatisticamente apenas de I-1 e que não houve diferença
457 estatística entre I-1 e I-2, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, tendo as
458 EUAs sido de 5,22, 6,22 e 6,75 kg m⁻³ para as intermitências I-1, I-2 e I-3,
459 respectivamente (Figura 13).



460

461 Figura 13. Eficiências do uso da água de frutos totais do tomate cereja por intermitência
462 de irrigação em ambiente protegido. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.

463 A não obtenção de significância estatística para o parâmetro “Intermitência de
464 Irrigação”, no ambiente a céu aberto e para as variáveis frutos pequenos e frutos
465 grandes no ambiente protegido pode estar associada à classe de solo do local, onde este
466 estudo foi realizado, cuja composição textural era 98% de areia fina, no perfil de 0 a 100
467 cm de profundidade. Condição esta que pode resultar em uma baixa retenção de água e
468 uma perda excessivamente elevada de água por percolação profunda, especialmente,
469 quando a lâmina de irrigação é aplicada de uma única vez.

470 3.3 Cultivo protegido x cultivo a céu aberto

471 Após a aplicação do teste de Scheffé a 5% de probabilidade podemos visualizar que
472 em termos da eficiência do uso da água para frutos pequenos, grandes e totais que o
473 sistema de cultivo protegido apresentou médias de 36,8%, 16,4% e 22,2%,
474 respectivamente, superiores ao cultivo a céu aberto, demonstrando sua maior eficiência
475 no uso da água de irrigação (Tabela 1).

476 Tabela 1. Comparação da eficiência de uso da água nos cultivos de tomateiro tipo cereja
477 em ambiente protegido e a céu aberto, por contrastes não ortogonais. Petrolina, PE, jul.
478 a out. de 2014.

479

Sistema	Eficiência do uso da água (kg m ⁻³)		
	Tamanho dos frutos		
	pequenos	grandes	totais
Protegido	2,868 A	6,067 A	8,935 A
Céu aberto	2,096 B	5,214 B	7,310 B

480

481 Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente segundo o teste de
482 Scheffé a 5% de probabilidade.

483

CONCLUSÕES

484 1- As variáveis climáticas temperatura e umidade do ar não apresentaram diferenças
485 significativas entre os ambientes de cultivo protegido e a céu aberto, diferente da
486 velocidade do vento e radiação global que se mostraram inferiores em relação ao
487 ambiente a céu aberto;

488 2- A eficiência do uso da água no ambiente protegido mostrou-se mais elevada do que
489 no ambiente a céu aberto;

490 3- As maiores eficiências do uso da água no ambiente protegido ocorreram para a
491 lâmina de irrigação L75 (frutos grandes e totais). Para as intermitências de irrigação
492 as maiores eficiências foram para duas e três vezes ao dia (frutos grandes);

- 493 4- As maiores eficiências do uso da água no ambiente a céu aberto ocorreram para a
494 lâmina de irrigação L50 (frutos pequenos, grandes e totais).

495

BIBLIOGRAFIA

- 496 Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for
497 computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 297p. (Irrigation and
498 Drainage Paper, n.56).
- 499
500 Alvarenga, M. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em
501 hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400 p.
- 502
503 Andriolo, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido.
504 Horticultura Brasileira, Brasília, v. 18, p. 26-33, 2000.
- 505
506 Banzatto, D. A.; Kronka, S. N. Experimentação agrícola. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP,
507 2006. 237p.
- 508
509 Caliman, F. R. B.; Silva, D. J. H.; Fontes, P. C. R.; Stringheta, P. C.; Moreira, G. R.;
510 Cardoso, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente
511 protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. Horticultura
512 Brasileira, v. 23, p. 5068-5074, 2005.
- 513
514 EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos, Brasília: 2006.
- 515
516 Ferreira, D. F. Sisvar – Sistema de análise de variância. 2006. Patente: Programa de
517 Computador. Número do Registro: 828459851. Data de depósito: 28/04/2006.
- 518
519 Fontes P. C. R.; Silva D. J. H. Cultura do tomate. In: Fontes P.C.R. Olericultura: teoria
520 e prática. Viçosa: UFV, 2005. p. 457-475.
- 521
522 Gomes, R. J.; Oliveira, A. K. S.; Guiselini, C.; Malheiros, S. M. M.; Silva, E. F. F.;
523 Pandorfi, H. Monitoramento da temperatura do ar e radiação solar no
524 desenvolvimento do tomateiro em ambiente protegido. In: Congresso Brasileiro de
525 Agrometeorologia, 2011, Guarapari, 2011.
- 526
527 Gusmão M. T. A.; Gusmão S. A. L.; Araújo J. A. C. Produtividade de tomate tipo cereja
528 cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. Horticultura Brasileira,
529 v. 24, p. 431-436, 2006.
- 530
531 Harmanto, V. M.; Salokhe, M. S.; Babel, H. J. Tantau. Water requirement of drip
532 irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. Agricultural Water
533 Management, 71, p. 225–242, 2005.
- 534
535 Holcman, E. Microclima e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com
536 diferentes coberturas plásticas. Piracicaba, 2009. Dissertação (Mestrado em
537 Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.
- 538

- 539 IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Pesquisa mensal de previsão e
540 acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v. 27 n. 11, p. 1-
541 86, nov. 2014.
- 542
- 543 Lopes, M. C.; Stripari, P. C. A cultura do tomateiro. In: Goto, R.; Tivelli, S. W.
544 Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. São Paulo:
545 Fundação Editora da UNESP, 1998. p. 257-319.
- 546
- 547 Marouelli, W. A.; Silva, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial
548 durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. Horticultura Brasileira, v. 24,
549 p. 342-346, 2006.
- 550
- 551 Marques, M. A. D. Lâminas e frequências de irrigação para a cultura do tomateiro tipo
552 grape, em Casa Nova, BA. 2013. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia
553 Agrícola) Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro, BA.
- 554
- 555 Martins S. R.; Fernandes H. S; Assis F. N.; Mendez M. E. G. Caracterização climática e
556 manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. Informe Agropecuário, v.
557 20, p. 15-23, 1999.
- 558
- 559 Mikishima, N.; Miranda, J. E. C. O cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).
560 Instruções Técnicas do CNP Hortaliças, 22 p., 1995.
- 561
- 562 Peralta, I. E. Department of Agronomy, National University of Cuyo, Almirante Brown
563 500, 5505 Chacras de Coria, Lujan, Mendoza, Argentina. IADIZA-CONICET, C.C.
564 507, 5500 Mendoza, Argentina TGC REPORT 56, 2006.
- 565
- 566 Reis L. S.; Azevedo C. A. V. de; Albuquerque A. W. e Junior J. F. S. Índice de área
567 foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. Revista
568 Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 4, p. 386–391, 2013.
- 569
- 570 Rocha, R. C. Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do
571 tomateiro. Botucatu, 2007. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade
572 Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2007.
- 573
- 574 Rodrigues, M. B.; Dornelles, A. L. C.; Silva, V. O. M. Z.; Pessoa, C. A.; Serralha, B. C.
575 S.; Silva, D. A. G.; Pereira, M. B. Caracterização morfológica de 25 cultivares de
576 tomateiro tipo cereja – caracteres da planta. Horticultura Brasileira, v. 26, n. 2, 2008.
- 577
- 578 Santana, M. J.; Vieira, T. A.; Barreto, A. C. Efeito dos níveis de reposição de água no
579 solo na produtividade do tomateiro. Horticultura Brasileira, v. 27, p. 1378-1384,
580 2009.

1 4 ARTIGO II

2 Produtividade do tomate cereja em função das lâminas e intermitências de 3 irrigação¹

4

5 Cherry tomato yield depending on the blades and flashes irrigation¹

6

7 **RESUMO** - O presente trabalho, conduzido no município de Petrolina-PE, teve como
8 objetivo avaliar a produtividade do tomate cereja, em função das lâminas e intermitências de
9 irrigação para o cultivo em ambiente protegido e a céu aberto. O delineamento experimental
10 utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 3, com 4 repetições, com
11 aplicação de três lâminas e três intermitências de irrigação. Duas estações meteorológicas
12 automáticas foram instaladas nas áreas de cultivo do tomateiro e uma terceira fora da área
13 experimental, em ambiente gramado, equipadas com sensores para obtenção de valores de
14 temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento e radiação solar. Foi
15 utilizado o tomate tipo cereja (cv. *Sweet Million*), de crescimento indeterminado, tendo cada
16 parcela sido constituída por cinco plantas espaçadas entre si de 0,40 m na fileira e de 1,50 m
17 entre fileiras. Para a determinação da produtividade, os frutos foram pesados, por classe de
18 diâmetro, em pequenos, grandes e totais. Constatou-se que as produtividades médias globais
19 do tomateiro cultivado em ambiente a céu aberto mostraram-se mais elevadas do que as
20 obtidas em ambiente protegido tendo sido da ordem de $2,15 \pm 0,35$ e $1,76 \pm 0,39$ kg planta⁻¹,
21 respectivamente, tendo os picos de produtividade acontecido entre os 85 e 99 dias após
22 transplântio.

23

24 **Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum* Mill. Ambiente protegido. Abortamento.

25

¹Artigo nas normas da revista RCA

26 **ABSTRACT** - This study, conducted in the city of Petrolina-PE, aimed to assess the
27 productivity of cherry tomatoes, depending on the blades and flashes irrigation for cultivation
28 in a protected environment and in a sky open area. The experimental design was a randomized
29 block in the factorial 3 x 3, with four replications, applying three blades and three flashes
30 irrigation. Two automatic weather stations were installed in the areas of tomato cultivation
31 and a third outside the experimental area in a lawn environment, equipped with sensors to
32 obtain temperature and relative humidity, speed and wind direction and solar radiation. We
33 used the tomato variety cherry (*Sweet Million*), indeterminate growth, each portion was made
34 up of five plants, spaced 0.40 m in row and 1.50 m between rows. To determine the yield, the
35 fruits were weighed by class diameter, in small, large and totals. It was noted that global
36 average yield of tomato plants in the open environment proved to be higher than those
37 obtained in the protected environment and it was of the order of 2.15 ± 0.35 and $1.76 \pm$
38 $0.39 \text{ kg plant}^{-1}$, respectively, and productivity peaks occurred between 85 and 99 days
39 after the transplanting.

40

41 **Key words:** *Lycopersicon esculentum* Mill. Protected environment. Abortion.

42

INTRODUÇÃO

43 O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) foi introduzido na Europa levada das
44 Américas, região dos Andes, tornando-se conhecido por botânicos em meados do século XVI
45 (PERALTA, 2006). Naquela região, considerada centro de origem, ainda hoje são
46 encontradas numerosas espécies em sua forma primitiva, inclusive, de tomate cereja,
47 considerado por muitos autores como o ancestral mais próximo dos genótipos
48 tradicionalmente cultivados. Por isso, os tomateiros do grupo cereja têm sido considerados os
49 mais rústicos dentre os tomateiros cultivados (RODRIGUES et al.,2008).

50 No Brasil, o tomateiro é uma hortaliça de grande importância econômica e social sendo
51 cultivado nas mais diversas regiões do país. Segundo Levantamento Sistemático da Produção
52 Agrícola (LSPA) de novembro de 2014, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e
53 Estatística – IBGE, a cultura do tomate ocupava, em 2014, uma área de 64,3 mil hectares,
54 liderada pela região Sudeste com uma área de 26 mil hectares. O Nordeste atingiu 15,2 mil
55 hectares, destacando-se como os maiores produtores, os estados da Bahia, Ceará e de
56 Pernambuco com 6,0 mil, 4,5 mil e 3,6 mil hectares, respectivamente.

57 Mikishima e Miranda (1995) reforçam que para o alcance de rendimentos ótimos, o
58 tomateiro tem requerimentos específicos quanto às condições climáticas. Em localidades, em
59 altitudes inferiores a 400 m e quentes, as melhores produtividades têm sido obtidas no
60 outono-inverno, quando a temperatura ambiente torna-se mais amena. Dentre as alternativas
61 que tem sido utilizada para viabilizar o cultivo nessas regiões, destaca-se o uso de telas de
62 sombreamento, como forma de reduzir a intensidade da energia solar incidente no dossel das
63 plantas, contribuindo para um melhor desempenho do tomate, quando comparado com o
64 cultivo a céu aberto (ROCHA, 2007).

65 Para que se alcance bons rendimentos e lucratividade econômica com o tomate, é
66 necessário que os fatores inerentes à nutrição, ao uso correto de água, à genética e à sanidade,
67 estejam em níveis adequados. Dentre esses fatores, a água é um dos que apresentam maior
68 influência nas características de crescimento e desenvolvimento das plantas (ALVARENGA,
69 2004). Santana et al. (2009) citam a deficiência de água como o fator que mais afeta a
70 produção do tomateiro, que segundo Marouelli e Silva (2006) é exigente em água e reage de
71 forma negativa tanto ao excesso quanto ao déficit hídrico.

72 Este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade do tomateiro tipo cereja em
73 função das lâminas e intermitências de irrigação para o cultivo em ambiente protegido e a céu
74 aberto, na região do Submédio do Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

O estudo foi desenvolvido numa propriedade rural situada no município de Petrolina-PE, no período de 08 de Julho a 20 de Outubro de 2014, coordenadas geográficas 09°26'S, 40°46'O e altitude 380 m. O clima local é do tipo BswH, semiárido, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 526 mm.

O solo no qual o experimento foi implantado, segundo a Classificação Brasileira de Solos (EMBRAPA, 2006) é do tipo Neossolo Quartzarênico de acordo com estudo pedológico realizado e análises de solo que demonstram composição textural da ordem de 98% de areia fina na profundidade de 0 a 100 cm.

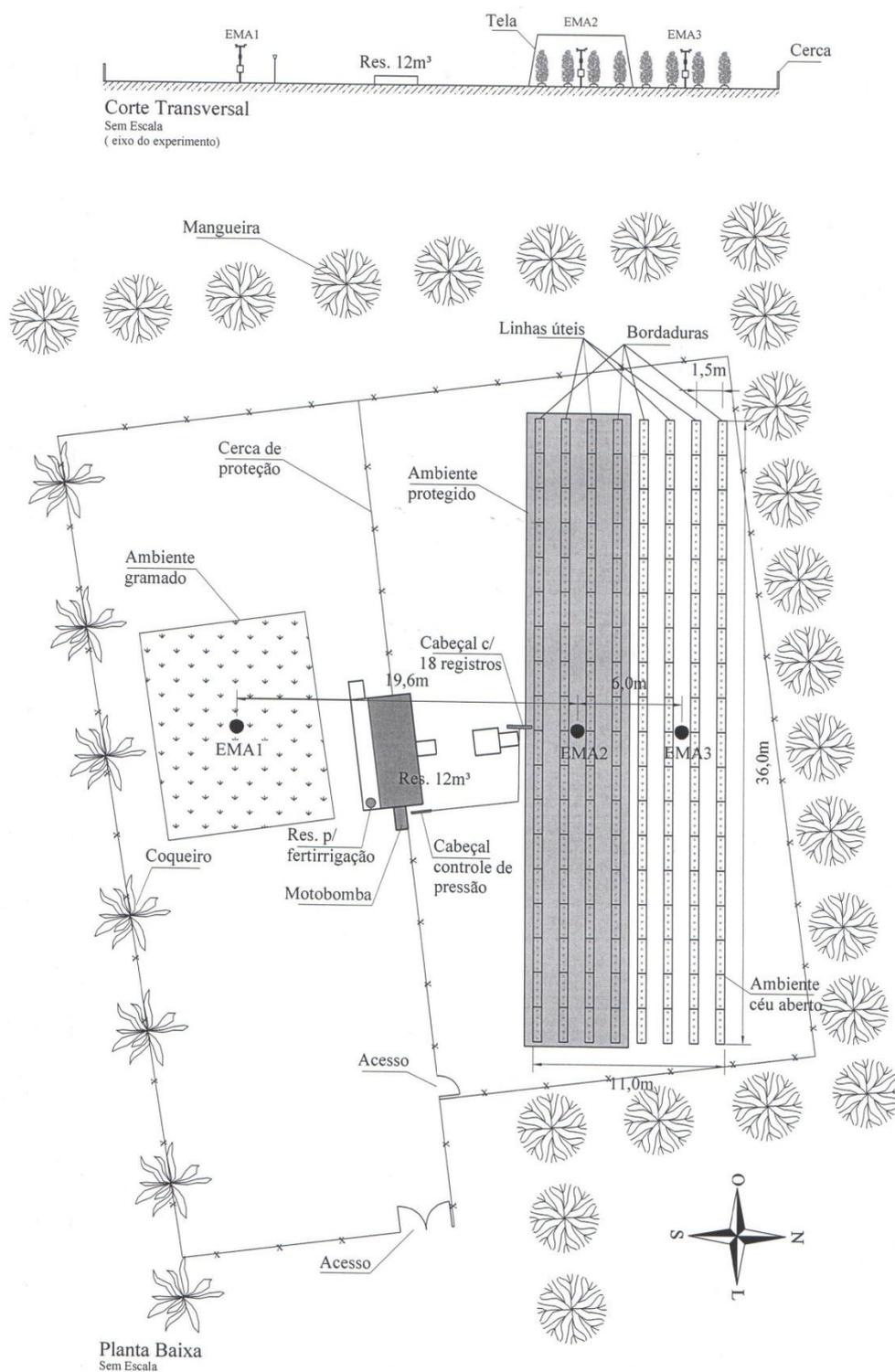
O estudo compreendeu dois experimentos distintos, um protegido, utilizando tela de polietileno tipo chromatinet silver® com 35% de transparência e outro a céu aberto, cujas áreas tinham 5,5 m de largura por 36,0 m de comprimento. A orientação das áreas experimentais foi no sentido leste-oeste, a fim de se obter a incidência da radiação solar sempre com o mesmo ângulo tanto sobre a tela quanto no cultivo a céu aberto para qualquer momento do período de realização do estudo (Figura 1).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 3, em 4 repetições para cada ambiente, com aplicação de três lâminas de irrigação: L100 = 1,00xEtc, L75 = 0,75xEtc e L50 = 0,50xEtc e por três intermitências de irrigação I-1 = uma vez, I-2 = duas vezes e I-3 = três vezes por dia, resultando em 9 tratamentos e 36 parcelas. A primeira irrigação foi feita sempre às 7h, a segunda às 13h e a terceira às 17h, de segunda-feira a sábado.

No ambiente protegido a tela foi instalada a 3,00 m de altura, com teto horizontal e laterais verticais, deixando um espaço aberto de 0,30 m, em relação à superfície do solo.

100 **Figura 1** - Layout do experimento em planta baixa e corte transversal, destacando-se a
 101 posição relativa do ambiente gramado e das áreas de cultivo protegido e a céu aberto do
 102 tomateiro, assim como, a localização das três estações meteorológicas automáticas (EMA).
 103 Petrolina, PE, jul a out de 2014.

104
 105



107 Foi utilizado o tomate tipo cereja (cv. *Sweet Million*), de crescimento indeterminado.
108 Cada parcela foi constituída por cinco plantas espaçadas entre si de 0,40 m na fileira e de 1,50
109 m entre fileiras. Apenas as três plantas centrais foram consideradas como uteis. Vale ressaltar,
110 que as plantas foram situadas sobre camalhão coberto com lona de polietileno de cor preta e
111 que as plantas foram decepadas quando alcançavam a altura de 1,80 m.

112 No centro de cada ambiente foi instalada uma estação meteorológica automática e uma
113 terceira em uma área gramada, distando de 16,60 m da área telada (Figura 1). Foram
114 observadas em cada uma das estações, as seguintes variáveis climáticas: a) temperatura do ar
115 a 0,50 m de altura; b) temperatura do ar e umidade relativa do ar a 1,50 m de altura; c)
116 velocidade e direção do vento a 2 m de altura; d) componentes do balanço de radiação
117 utilizando um Net radiômetro CRN1, que foi instalado inicialmente a 1,00 m acima da
118 superfície do solo, aos 51 dias após transplântio (DAT) foi elevado para 1,50 m e aos 72 dias
119 DAT para 2,00 m de altura. Na estação localizada na área gramada, também foi medida a
120 precipitação pluviométrica. Os sensores instalados em cada ambiente foram conectados a um
121 sistema automático de aquisição de dados, datalogger, modelo CR23X (Campbel Sci.). Os
122 dados foram registrados a cada segundo e as médias computadas a cada hora, 24 horas por
123 dia.

124 Adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se fitas gotejadoras com
125 emissores espaçados de 0,20 m e vazão de $1,5 \text{ L h}^{-1}$, tendo as lâminas de água sido aplicadas
126 em conformidade com os tratamentos.

127 Os valores diários de Etc (evapotranspiração da cultura) foram calculados por meio dos
128 dados meteorológicos medidos em cada ambiente cultivado, utilizando-se a equação de
129 Penman-Monteith (Allen et al., 1998), que multiplicados pelos fatores 1,00, 0,75 e 0,50
130 constituíram às lâminas de irrigação aplicadas por tratamento, considerando-se uma eficiência

131 de aplicação de 90%, que por sua vez foram fracionadas em uma, duas e três vezes,
132 constituindo os tratamentos de intermitências de irrigação.

133 A semeadura foi feita no dia 03/06/2014, em bandejas plásticas de polietileno, em
134 ambiente protegido com tela de sombreamento preta 50%, até o dia do transplantio.

135 O preparo do solo constou de aração, gradagem e abertura de camalhões. As
136 recomendações para correção do solo, adubação orgânica e adubação química foram feitas
137 com base nos resultados de análise de solo. Constou basicamente do espalhamento a lanço, no
138 eixo dos camalhões, de esterco de curral na proporção de 10 kg por metro linear de camalhão,
139 e de produtos comerciais que proporcionaram o incremento ao solo dos seguintes de
140 compostos químicos: N (40 kg ha^{-1}), P_2O_5 (56 kg ha^{-1}), S (22 kg ha^{-1}), Ca (73 kg ha^{-1}) e Mg
141 (12 kg ha^{-1}).

142 Foram realizadas fertirrigações diárias de compostos químicos, considerando os
143 resultados da análise de solo e especificidades da cultura do tomateiro, que totalizaram em: N
144 (230 kg ha^{-1}), P_2O_5 (342 kg ha^{-1}), S (39 kg ha^{-1}), Ca (53 kg ha^{-1}), Mg (3 kg ha^{-1}), NO_3 (173 kg
145 ha^{-1}), NH_4 (57 kg ha^{-1}), K_2O (372 kg ha^{-1}), além de B ($0,17 \text{ kg ha}^{-1}$), Cu ($0,17 \text{ kg ha}^{-1}$), Fe
146 ($0,83 \text{ kg ha}^{-1}$), Mn ($0,05 \text{ kg ha}^{-1}$), Mo ($0,05 \text{ kg ha}^{-1}$) e Zn ($0,41 \text{ kg ha}^{-1}$).

147 O transplantio das mudas para o ambiente protegido e a céu aberto foi realizado no dia
148 08/07/2014.

149 A primeira colheita foi feita no dia 30/08/14, aos 53 DAT, e as demais realizadas,
150 semanalmente até o dia 22/10/2014, num total de nove colheitas, considerando-se apenas os
151 frutos maduros. Logo após a colheita, os frutos eram separados e classificados em três
152 categorias: a) frutos pequenos (diâmetro transversal $\leq 2,2 \text{ mm}$); b) frutos grandes (diâmetro
153 transversal $> 2,2 \text{ mm}$) e, c) frutos não comerciais (podres e defeituosos), cuja classificação foi
154 sugerida por Holcman (2009). Os diâmetros dos frutos foram verificados com paquímetro
155 digital, com precisão de 0,01 mm.

156 Para a determinação da produtividade, os frutos foram pesados, por classe de diâmetro,
157 em balança digital mod. Prix 3LB, 15 kg x 5 g, tomando-se como unidade de medida uma
158 planta (kg planta^{-1}).

159 Os dados referentes a cada sistema de cultivo foram submetidos à análise de variância
160 (ANOVA) utilizando-se o programa SISVAR 5.3 (Ferreira, 2006). Ocorrendo diferença
161 significativa entre as médias, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para
162 realizar a comparação entre as produtividades nos sistemas de cultivo protegido e a céu aberto
163 utilizou-se contrastes não ortogonais ($Y = +1-1$) aplicando o teste de scheffé a 5% de
164 probabilidade (Banzatto e Kronka, 2006).

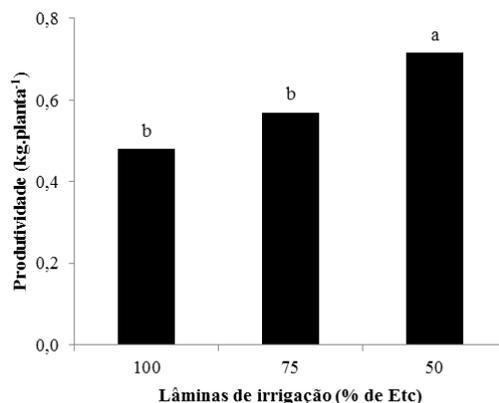
165 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

166 Com base nos resultados obtidos e as análises estatísticas da produtividade do tomateiro
167 nos ambientes protegido e a céu aberto pode-se verificar que não houve interação significativa
168 entre as lâminas e intermitências de irrigação, pelo teste de F a 5% de probabilidade, para a
169 produtividade de frutos pequenos, grandes e totais. Verificou-se, entretanto, que as lâminas e
170 intermitências de irrigação, isoladamente, influenciaram a produtividade do tomateiro.

171 **1- Influência das lâminas aplicadas, na produtividade do tomateiro**

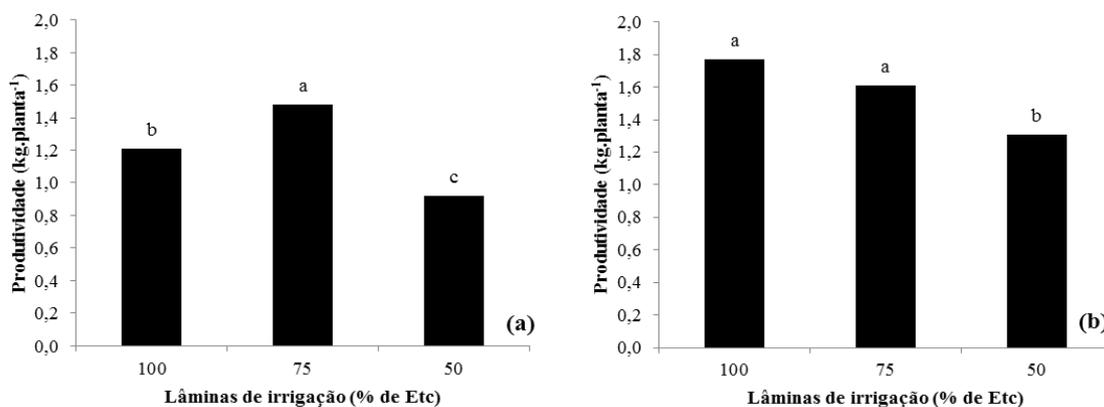
172 Para frutos pequenos as lâminas de irrigação não influenciaram a produtividade do
173 cultivo no ambiente protegido, diferente do que ocorreu no ambiente a céu aberto em que a
174 análise de médias revelou que L50 diferiu estatisticamente dos tratamentos L75 e L100 e que
175 ambos não apresentaram diferenças significativas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%
176 de probabilidade. As produtividades médias obtidas no cultivo em ambiente a céu aberto para
177 frutos pequenos foram da ordem de 0,48, 0,57 e 0,72 kg planta^{-1} para os tratamentos L100,
178 L75 e L50, respectivamente (Figura 2).

179 **Figura 2** - Produtividade média de frutos pequenos do tomate tipo cereja, em ambiente a céu
180 aberto, função das lâminas de irrigação. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.



181
 182 Considerando apenas os frutos grandes pode-se observar que tanto no ambiente
 183 protegido quanto no ambiente a céu aberto, a análise de médias revelou que as lâminas de
 184 irrigação aplicadas influenciaram na produtividade do tomateiro. No ambiente protegido, L75
 185 diferiu estatisticamente dos tratamentos L50 e L100 e que, por sua vez diferiram entre si, pelo
 186 teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, cujas produtividades foram de 1,21 kg planta⁻¹
 187 para L100, de 1,48 kg planta⁻¹ para L75 e de 0,92 kg planta⁻¹ para L50 (Figura 3A). Já para o
 188 ambiente a céu aberto a análise de médias revelou que L100 não diferiu estatisticamente de
 189 L75, mas que ambos os tratamentos diferiram de L50, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de
 190 probabilidade, cujos valores de produtividade foram de 1,77, de 1,61 e de 1,31 kg planta⁻¹,
 191 respectivamente (Figura 3B).

192 **Figura 3** - Produtividade média de frutos grandes do tomate tipo cereja, em ambiente
 193 protegido (a) e a céu aberto (b), função das lâminas de irrigação. Petrolina, PE, jul. a out de
 194 2014.

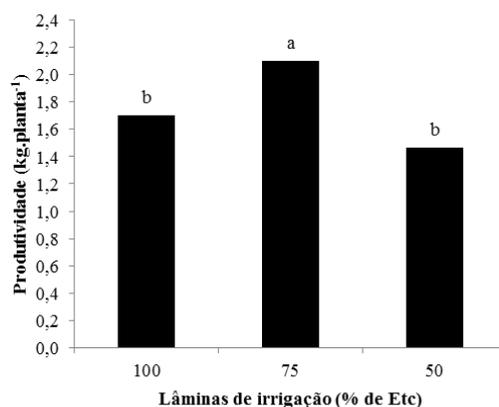


195

196 Para os frutos totais (Figura 4), as lâminas de irrigação influenciaram a produtividade
 197 apenas no ambiente protegido. Nesse ambiente, L75 diferiu estatisticamente dos tratamentos
 198 L100 e L50 e que, por sua vez não diferiram entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de
 199 probabilidade, cujas produtividades foram de 1,70 kg planta⁻¹ para L100, de 2,10 kg planta⁻¹
 200 para L75 e de 1,46 kg planta⁻¹ para L50.

201 **Figura 4** - Produtividade média de frutos totais do tomate tipo cereja, em ambiente protegido,
 202 função das lâminas de irrigação. Petrolina, PE, jul. a out de 2014.

203

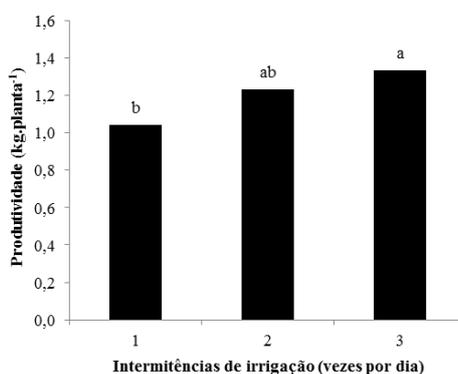


204

205 2- Influência das intermitências de irrigação na produtividade do tomateiro

206 A intermitência de irrigação influenciou estatisticamente na produtividade do cultivo
 207 apenas no ambiente protegido, para frutos grandes. A análise de médias revelou que o
 208 tratamento I-3 diferiu estatisticamente, apenas de I-1 e, que não houve diferença estatística
 209 entre I-2 e I-1 pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, tendo as produtividades sido
 210 1,04, 1,23 e 1,33 kg planta⁻¹ para as intermitências I-1, I-2 e I3, respectivamente (Figura 5).

211 **Figura 5** - Produtividade média de frutos grandes do tomate tipo cereja, em ambiente
 212 protegido, função das intermitências de irrigação. Petrolina, PE, jul. a out. de 2014.



213

214 3- Produtividade ao longo das colheitas realizadas

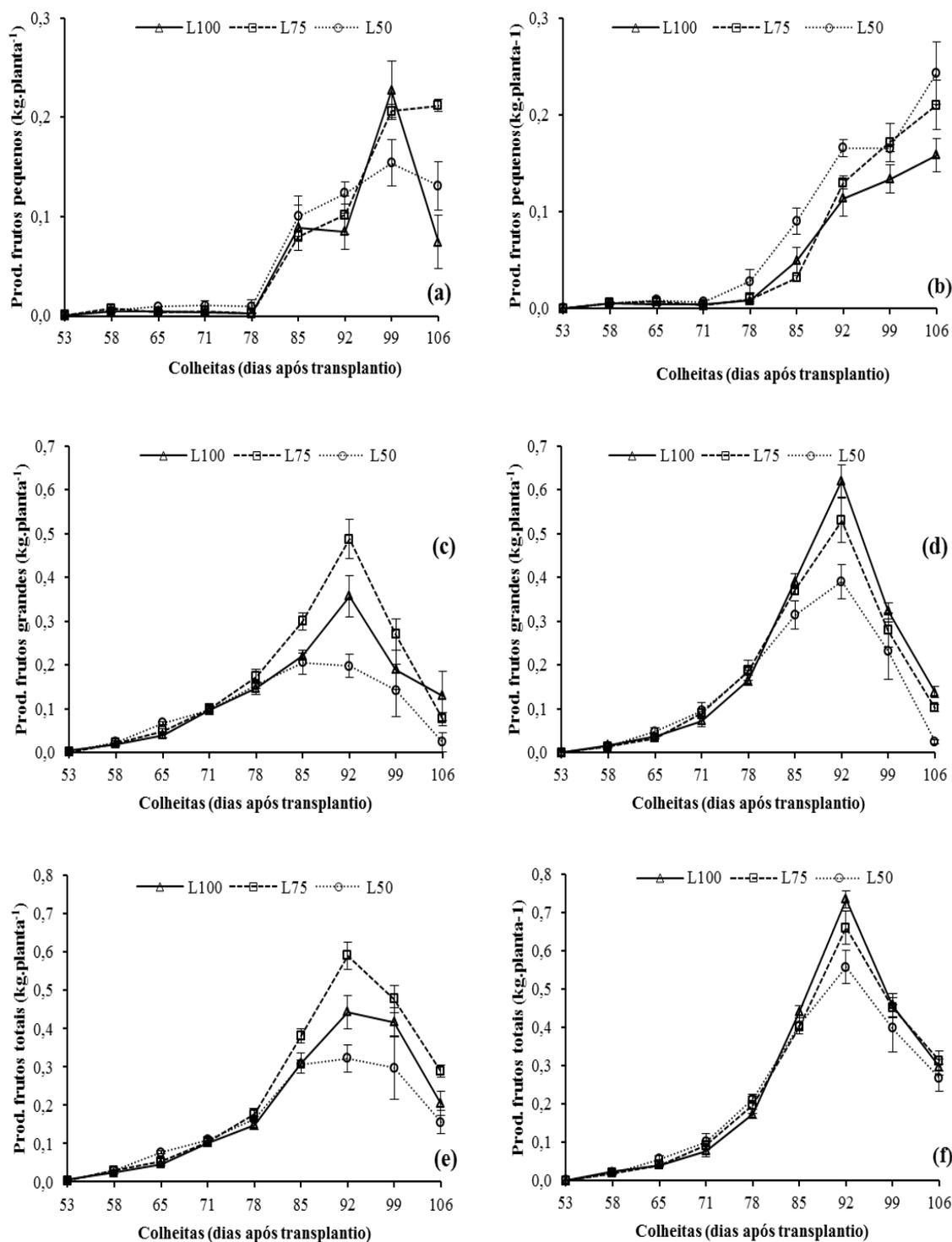
215 Com relação à análise da produtividade do tomateiro ao longo das nove colheitas
216 realizadas e, considerando a influência das lâminas aplicadas, pode-se verificar que no
217 ambiente protegido a evolução da variável, frutos pequenos (Figura 6a), teve seu pico de
218 produtividade aos 99 DAT para os tratamentos L100 e L50, ($0,23\pm 0,05$ e $0,15\pm 0,04$ kg planta⁻¹),
219 diferente de L75 que apresentou uma tendência de estabilização até o final do período de
220 estudo ($0,21\pm 0,01$ kg planta⁻¹). Para o ambiente a céu aberto (Figura 6b) os gráficos
221 demonstram que a produtividade de frutos pequenos apresentou-se sempre ascendente não se
222 podendo dizer em que período de produção a produtividade alcançaria seu maior valor. Há
223 que se registrar, também, que até a quinta colheita (78 DAT) a produtividade de frutos
224 pequenos foi praticamente nula no cultivo de ambiente protegido, enquanto que no cultivo a
225 céu aberto a quantidade de frutos pequenos começou a ser representativa a partir da quarta
226 colheita, principalmente, para L50.

227 Com relação a frutos grandes, os picos de produtividade, tanto no ambiente protegido
228 (Figura 6c) quanto no ambiente a céu aberto (Figura 6d), ocorreram aos 92 DAT, com queda
229 abrupta após essa colheita, a exceção de L50 no ambiente protegido cujo maior valor ocorreu
230 aos 85 DAT ($0,21\pm 0,05$ kg planta⁻¹), estabilizando-se até a colheita seguinte ($0,20\pm 0,05$ kg
231 planta⁻¹), com queda gradual da produtividade a partir deste ponto. Os valores de picos de
232 produtividade para L100 e L75 no ambiente protegido foram de $0,36\pm 0,08$ e de $0,49\pm 0,08$ kg
233 planta⁻¹, respectivamente, enquanto que no ambiente a céu aberto foram de $0,62\pm 0,06$ para
234 L100, de $0,53\pm 0,09$ para L75 e de $0,39\pm 0,07$ kg planta⁻¹ para L50.

235 Quanto se considerada a variável frutos totais, as produtividades máximas alcançadas
236 foram obtidas aos 92 DAT em ambos os ambientes de cultivo (Figuras 6e e 6f), cujos
237 resultados para L100, L75 e L50 no ambiente protegido foram de $0,44\pm 0,08$, $0,59\pm 0,06$ e

238 $0,32 \pm 0,06 \text{ kg planta}^{-1}$, respectivamente, enquanto que no ambiente a céu aberto foram de
 239 $0,74 \pm 0,04 \text{ kg planta}^{-1}$ para L100, de $0,66 \pm 0,08 \text{ kg planta}^{-1}$ para L75 e de $0,56 \pm 0,08$ para L50.

240 **Figura 6** – Evolução da produtividade média de frutos pequenos, grandes e totais do tomate
 241 cereja, em ambiente protegido (a, c, e) e a céu aberto (b, d, f), função das lâminas de irrigação
 242 e das colheitas realizadas. Petrolina, PE, jul. e out. de 2014.
 243



245 Analisando-se a produtividade do tomateiro ao longo das diversas colheitas realizadas,
246 agora sob a influência das intermitências de irrigação, verificam-se resultados muito
247 semelhantes aos apresentados para as lâminas de irrigação, tanto no ambiente protegido
248 quanto no ambiente a céu aberto (figuras 7a a 7e).

249 No ambiente protegido a evolução da variável, frutos pequenos (Figura 7a), teve seu
250 pico de produtividade aos 99 DAT para todos os tratamentos com valores de $0,19\pm 0,05$,
251 $0,23\pm 0,04$ e de $0,17\pm 0,04$ kg planta⁻¹ para I-1, I-2 e I-3, respectivamente. No ambiente a céu
252 aberto (Figura 7b), os gráficos demonstram que no período do experimento, a produtividade
253 de frutos pequenos apresentou-se sempre ascendente não se podendo dizer em que período da
254 colheita a produtividade alcançaria seu maior valor. No ambiente protegido (Figura 7a) até a
255 quinta colheita (78 DAT) a produtividade de frutos pequenos foi praticamente nula enquanto
256 que no cultivo a céu aberto, a quantidade de frutos pequenos começa a ser representativa a
257 partir da quarta colheita, principalmente, para o tratamento I-3 (Figura 7b).

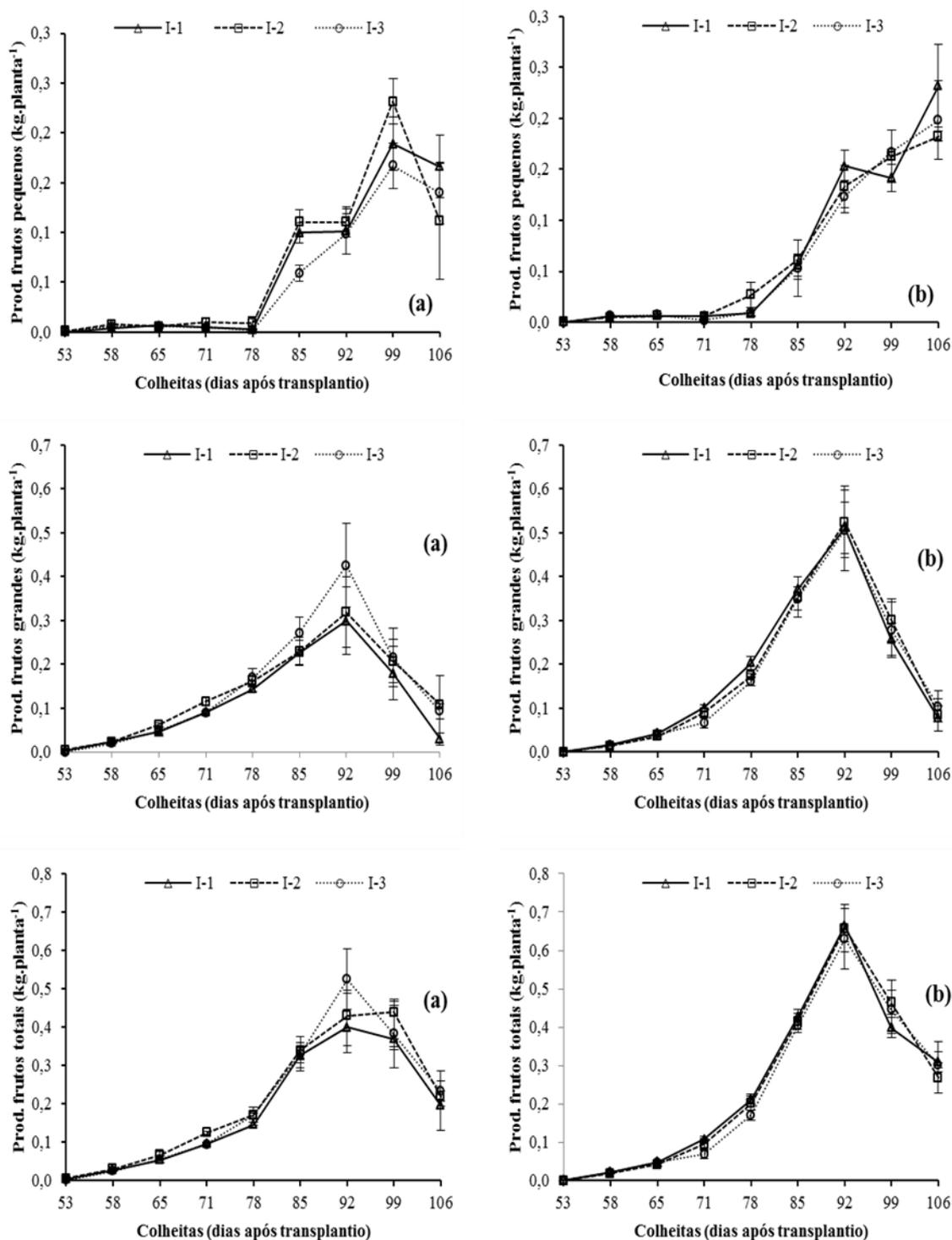
258 Com relação a frutos grandes, os picos de produtividade tanto no ambiente protegido
259 (Figura 7c) quanto no ambiente a céu aberto (Figura 7d), ocorreram aos 92 DAT, com queda
260 abrupta após essa colheita, tendo sido esses valores no ambiente protegido de $0,30\pm 0,13$,
261 $0,32\pm 0,14$ e de $0,43\pm 0,17$ kg planta⁻¹, para os tratamentos I-1, I-2 e I3, respectivamente. No
262 ambiente a céu aberto as produtividades de pico foram de $0,51\pm 0,10$ para I-1, de $0,52\pm 0,14$
263 para I-2 e de $0,51\pm 0,16$ kg planta⁻¹ para I-3.

264 Quanto se considerada a variável frutos totais, as produtividades máximas alcançadas
265 foram obtidas aos 92 DAT para as intermitências em ambos os ambientes de cultivo (Figuras
266 7e e 7f), exceção apenas do tratamento I-2, no ambiente protegido cujo pico de produtividade
267 ocorreu aos 99 DAT. No ambiente protegido os valores das produtividades de pico foram de
268 $0,40\pm 0,08$, $0,44\pm 0,08$ e $0,52\pm 0,08$ kg planta⁻¹, para I-1, I-2 e I-3, respectivamente, enquanto

269 que no ambiente a céu aberto foram de $0,67 \pm 0,08 \text{ kg planta}^{-1}$ para I-1, de $0,66 \pm 0,11 \text{ kg planta}^{-1}$
 270 1 para I-2 e de $0,63 \pm 0,14$ para I-3.

271 **Figura 7** – Evolução da produtividade média de frutos pequenos, grandes e totais, em
 272 ambiente protegido (a, b, c) e a céu aberto (d, e, f), função das intermitências de irrigação e
 273 das colheitas realizadas. Petrolina, PE, jul. a out de 2014.

274
 275



276

277 Rocha (2010), em experimento com tomate cereja visando estudar o rendimento da
 278 cultura em função do cacho floral e da concentração de nutrientes, em hidroponia obteve
 279 resultados de produtividade total aos 88 DAT, variando de 1,1 a 2,1 kg planta⁻¹ para os
 280 diversos tratamentos e em dez colheitas de frutos maduros. As produções mais concentradas
 281 foram verificadas durante dezesseis dias do ciclo, entre a quinta (65 DAT) e a oitava colheita
 282 (81 DAT).

283 Resultados semelhantes foram obtidos por Holcman (2009) para tomate cereja cultivado
 284 em dois ambientes protegidos que apresentaram picos de produção por volta dos 100 (DAT),
 285 com produtividades variando de 1,5 a 2,4 kg planta⁻¹ para o primeiro ciclo de cultivo.

286 4- Cultivo protegido x cultivo a céu aberto

287 Após a aplicação do teste de Scheffé a 5% de probabilidade podemos visualizar que em
 288 termos de produtividade de frutos grandes e frutos totais o sistema de cultivo a céu aberto foi
 289 em média 29,7% e 22,4% superior ao cultivo protegido, respectivamente, o que contraria
 290 estudos realizados por outros pesquisadores. (Tabela 1).

291 **Tabela 1.** Comparação das produtividades nos cultivos de tomateiro tipo cereja em ambiente
 292 protegido e a céu aberto, por contrastes não ortogonais. Petrolina, PE, jul. a out de 2014.

293

Sistema	Produtividade (kg planta ⁻¹)		
	Tamanho dos frutos		
	pequenos	grandes	totais
Protegido	0,552 A	1,204 B	1,756 B
Céu aberto	0,587 A	1,562 A	2,149 A

294

295 Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente segundo o teste de Scheffé a
 296 5% de probabilidade.

297 Essa ocorrência pode ser explicada pelo fato de que apesar do índice de floração das
 298 plantas em ambos os ambientes terem sido aparentemente iguais, o nível de abortamento das
 299 flores mostrou-se muito mais elevado no ambiente protegido do que o observado no ambiente
 300 a céu aberto. É provável, que a polinização floral no ambiente protegido tenha sido afetada

301 pela menor velocidade do vento, pois este é um parâmetro climático importante para o
302 transporte do pólen entre as flores, apesar de se tratar de plantas, cujas flores são
303 autofecundantes. Segundo Raw (2000) a polinização por vibração da estrutura de suporte da
304 planta destaca-se como prática relevante para o cultivo de espécies da família Solanaceae,
305 como, por exemplo, o tomate. Apesar da flor do tomate ser autofecundada, é necessário, que
306 em certos tipos de ambiente, adotem-se práticas que causem a vibração das anteras para que
307 haja liberação do pólen (Buchmann, 1983). Em alguns tipos de ambientes, em que a
308 velocidade do vento é insuficiente para promover a vibração das anteras e, conseqüentemente,
309 a deposição de pólen no estigma da própria flor, a visitação de insetos polinizadores é de
310 extrema importância (McGregor, 1976). Vale ressaltar, contudo, que neste estudo, não foi
311 adotada nenhuma prática de polinização manual.

312 Resultados inferiores foram obtidos em estudo conduzido em ambiente a céu aberto
313 com tomate cereja, em Casa Nova-BA, realizado por Marques (2013), que obteve
314 produtividades que variaram entre 1,09 kg planta⁻¹ e 1,52 kg planta⁻¹. Resultados ainda mais
315 inferiores obteve Harmanto et al. (2004), em experimento realizado em ambiente protegido
316 com tomate cereja, em Bangkok na Tailândia: 0,24 e 0,23 kg planta⁻¹ para irrigação contínua e
317 intermitente, respectivamente.

318 Pesquisa desenvolvida por Gualberto et al., (2002), em Marília-SP, com seis genótipos
319 de tomateiro (Carmen, Diva, Donador, Graziela e HE-295), em ambiente protegido e a céu
320 aberto constatou que ocorreram diferenças significativas entre as médias de produtividade nos
321 diversos ambientes, independentemente do sistema de cultivo e que a média geral da
322 produtividade dos cultivos protegidos (105,49 t ha⁻¹) superou a média dos cultivos a céu
323 aberto (91,84 t ha⁻¹).

324 Rocha (2007) trabalhando em quatro ambientes protegidos e um a céu aberto, em
325 Juazeiro-Ba, verificou que os melhores desempenhos de produtividade dos genótipos de

326 tomateiros avaliados foram registrados nos ambientes protegidos com rendimento médio
327 superior em 22,9% para o híbrido D-4768 e de 109,5% para o híbrido C-5240.

328 Albuquerque Neto e Peil (2012) obtiveram produtividade da ordem de 0,78 kg planta⁻¹,
329 com o genótipo Cereja Yubi, utilizando o sistema de cultivo hidropônico e baixa
330 disponibilidade de radiação solar.

331 Holcman (2009) trabalhando com tomate cereja, em Piracicaba-SP, em dois ciclos de
332 cultivo e em dois tipos de ambiente protegido (Amb. I = plástico anti-UV + tela termo-
333 refletora e Amb. II = plástico difusor), obteve resultados de produtividade média no ambiente
334 I e no primeiro ciclo do cultivo da ordem de 0,93, 2,79 e 3,67 kg planta⁻¹ para frutos
335 pequenos, grandes e totais, respectivamente, enquanto que no segundo ciclo os resultados
336 foram da ordem de 0,40, 2,83 e 3,22 kg planta⁻¹. No ambiente II, para frutos pequenos,
337 grandes e totais as produtividades médias foram de 1,35, 4,15 e 5,49 kg planta⁻¹ no primeiro
338 ciclo e de 0,54, 3,94 e 4,48 kg planta⁻¹ no segundo ciclo de cultivo.

339 CONCLUSÕES

- 340 1- As produtividades de tomate cereja obtidas no ambiente a céu aberto mostraram-se mais
341 elevadas do que as do ambiente protegido;
- 342 2- A lâmina L75 destacou-se como mais produtiva do ambiente protegido para as variáveis
343 frutos grandes e totais;
- 344 3- As menores produtividades, no ambiente protegido, foram obtidas com a lâmina L50;
- 345 4- A lâmina L100 destacou-se como mais produtiva do ambiente a céu aberto para a variável
346 frutos grandes;
- 347 5- As menores produtividades, no ambiente a céu aberto, foram obtidas com as lâminas L100
348 e L50 para frutos pequenos e grandes, respectivamente;

349 6- O tratamento correspondente a intermitência de irrigação de 3 vezes ao dia foi o mais
350 produtivo do ambiente protegido, embora não tenha diferido estatisticamente da
351 produtividade para intermitência de 2 vezes ao dia, para a variável frutos grandes;

352 7- Os picos de produtividade média, função das lâminas de irrigação, ocorreram entre os 85 e
353 99 DAT, em ambos os ambientes, a exceção da variável frutos pequenos, no ambiente a
354 céu aberto, que apresentou produtividade sempre ascendente até a última colheita;

355 8- Os picos de produtividade média, função das intermitências de irrigação, ocorreram entre
356 os 92 e 99 DAT, em ambos os ambientes, a exceção da variável frutos pequenos, no
357 ambiente a céu aberto, que apresentou produtividade sempre ascendente até a última
358 colheita.

359 REFERÊNCIAS

360 ALBUQUERQUE NETO A. A. R.; PEIL R. M. N. Produtividade biológica de genótipos de
361 tomateiro em sistema hidropônico no outono/inverno. **Horticultura Brasileira**. v.30, n.4,
362 p.613-619. 2012.

363 ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration:**
364 **guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 297p. (Irrigation and
365 Drainage Paper, n.56).

366 ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: Produção em campo, em casa de vegetação e em
367 hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400 p.

368 BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP,
369 2006. 237p.

370 BUCHMANN, S. L. **Buzz pollination in angiosperms**. In: C.E. Jones & R.J. Little (eds).
371 **Handbook of Experimental Pollination Biology. Scientific and Academic Editions**, Van
372 Nostrand Reinhold, New York. 558p, 1983.

373 EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Brasília: 2006.

- 374 FERREIRA, D. F. **Sisvar** – Sistema de análise de variância. 2006. Patente: Programa de
375 Computador. Número do Registro: 828459851. Data de depósito: 28/04/2006.
- 376 GUALBERTO, R. ; BRAZ, L. T. ; BANZATTO, D. A. Produtividade, adaptabilidade e
377 estabilidade fenotípica de cultivares de tomateiro sob diferentes condições de ambiente.
378 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 81-88, 2002.
- 379 HARMANTO, V. M.; SALOKHE, M. S.; BABEL, H. J. TANTAU. Water requirement of
380 drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. **Agricultural Water**
381 **Management**, 71, p. 225–242, 2005.
- 382 HOLCMAN, E. **Microclima e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos**
383 **com diferentes coberturas plásticas**. Piracicaba, 2009. Dissertação (Mestrado em
384 Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.
- 385 IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Pesquisa mensal de previsão e
386 acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v. 27 n. 11, p. 1-86, nov.
387 2014.
- 388 MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial
389 durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p.
390 342-346, 2006.
- 391 MARQUES, M. A. D. **Lâminas e frequências de irrigação para a cultura do tomateiro**
392 **tipo grape, em Casa Nova, BA**. 2013. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)
393 Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro, BA.
- 394 MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. USDA, Washington, DC.
395 411p., 1976.
- 396 MIKISHIMA, N.; MIRANDA, J. E. C. O cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).
397 **Instruções Técnicas do CNP Hortaliças**, 22 p., 1995.

- 398 PERALTA, I. E. Department of Agronomy, National University of Cuyo, Almirante Brown
399 500, 5505 Chacras de Coria, Lujan, Mendoza, Argentina. IADIZA-CONICET, C.C. 507, 5500
400 Mendoza, Argentina TGC REPORT 56, 2006.
- 401 RAW, A. **Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annum*)**
402 **and its possible influence on cross pollination.** Annals of Botany, 84: 487-492, 2000.
- 403 ROCHA, M. Q.; PEIL, R. M. N.; COGO, C. M. Rendimento do tomate cereja em função do
404 cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n.
405 4, 2010.
- 406 ROCHA, R. C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do**
407 **tomateiro.** Botucatu, 2007. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual
408 Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2007.
- 409 RODRIGUES, M. B.; DORNELLES, A. L. C.; SILVA, V. O. M. Z.; PESSOA, C. A.;
410 SERRALHA, B. C. S.; SILVA, D. A. G.; PEREIRA, M. B. Caracterização morfológica de 25
411 cultivares de tomateiro tipo cereja – caracteres da planta. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2,
412 2008.
- 413 SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C. Efeito dos níveis de reposição de água
414 no solo na produtividade do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 1378-1384, 2009.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foram verificados neste estudo, os resultados dos parâmetros climáticos de temperatura e umidade do ar não proporcionaram diferenças significativas entre os ambientes de cultivo protegido e a céu aberto, diferente da velocidade do vento e da radiação solar global. O aumento da umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido e a consequente diminuição da temperatura do ar por meio de sistema de resfriamento evaporativo e de ventilação mecânica poderiam ser alternativas para o controle dessas variáveis climáticas que resultariam em aumento da produtividade da cultura e aumento dos índices de eficiência do uso da água (EUA).

Contudo, nas condições de cultivo nas quais o experimento foi realizado, os resultados da EUA e da produtividade da cultura foram antagônicos: no ambiente protegido os resultados da EUA foram superiores aqueles encontrados no ambiente a céu aberto enquanto que em relação à produtividade da cultura os valores obtidos no ambiente protegido foram inferiores aos do cultivo em ambiente a céu aberto.

Pode-se concluir, portanto, que para regiões que apresentem clima e solo similares, nas quais haja boa disponibilidade de água e que seu custo não seja relevante, o cultivo em ambiente a céu aberto seria o mais indicado. Entretanto, se os recursos naturais forem escassos e o custo da água de irrigação for elevado, e, contabilizados o dispêndio inicial com a implantação da estrutura de proteção, o cultivo em ambiente protegido poderia ser o mais viável.

Portanto, pode-se depreender que mediante a adoção de práticas agrícolas corretas, é possível obter-se ganhos de eficiência, significativos, na utilização de recursos hídricos na agricultura, o que permitiria dispor de mais água para outras utilizações.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400 p.

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 26-33, 2000.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas com a atmosfera**. IAC, Campinas: 2002. 272 p.

ARAÚJO, H. F. de; FERRARI, D. L.; LEAL, P. A. M. Controle da variação temporal da temperatura e umidade relativa em ambiente protegido de diferentes níveis tecnológicos. In: IV WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 2012, Fortaleza.

ARAÚJO, J. A. C.; CASTELLANE, P. D. **Recentes avanços da pesquisa agrônômica na plasticultura brasileira**. In: ARAUJO, J. A. C. e CASTELLANE, P.D. **Dez anos de plasticultura na F. C. A. V.** Jaboticabal: FUNEP, 1996. p. 67-68.

ASSIS, R. L. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 1, p. 75-89, 2006.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237p.

BELFORT, C. C.; NERY, E. B.; SETÚBAL, J. W.; THÉ, F. de W.; ALMEIDA, M. G. de; MACHADO, R. de B.; LIMA, T. R. de; CARVALHO, J. F. de; Fixação e Esterilização de Flores em Tomateiros Cereja e Caqui em Ambiente Protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, 2004.

BELTRÃO, N. E. de M. Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento. **Comunicado Técnico**, 171, Campina Grande: Embrapa Algodão, 6 p., 2002.

BERBARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª Ed. Viçosa, Ed. UFV, 2006, 625 p.

BURIOL, G. A., STRECK, N. A., PETRY, C. Transmissividade à radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 1-4, 1995.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 5068-5074, 2005.

CALVACHE, A. M.; REICHARDT, K.; MALAVOLTA, E; BACCHI, O. O. S. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 232-240, 1997.

CARARO, D. C.; DUARTE, S. N. Injeção de CO₂ e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 432-437, 2002.

CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 986-989, 2005.

CUNHA, A. R. **Parâmetros agrometeorológicos da cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambiente protegido e campo**. Botucatu: 2001, 128p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Brasília: 2006.

ESTEFANEL, V.; BURIOL, G. A.; ANDRIOLO, J. L.; LIMA, C. P.; LUZZI, N. Disponibilidade de radiação solar nos meses de inverno para o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) na região de Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v. 28, p. 553-559, 1998.

EVANGELISTA, A. W. P. PEREIRA, G. M. Efeito da cobertura plástica de casa de vegetação sobre os elementos meteorológicos em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p 952-957, 2001.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI; H. MARTINS, S. R. Evapotranspiração no Interior de Estufas Plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 17-22, 1994.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura** – Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Editora UFV, 2000.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; CIFRE, J.; ESCALONA, J. M.; GALMES, J.; GULIAS, J.; LEFI, E.K.; MARTINEZ-CANELLAS, S. F.; MORENO, M. T.; RIBAS-CARBO, M.; RIERA, .;SAMPOL, B.; MEDRANO, H., 2004. **Understanding down regulation of photosynthesis under water stress**: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. *Annals Applied Biology*, 144, p. 273–283.

FONTES P. C. R. **Sugestões de adubação para hortaliças**. In: RIBEIRO A. C.; GUIMARÃES P. T. G.; ALVAREZ V. H..**Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Mina Gerais**. Viçosa: 1999. p. 171-174.

FONTES P. C. R.; SILVA D. J. H. **Cultura do tomate**. In: FONTES P.C.R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005. p. 457-475.

FONTES, P. C. R.; RIBEIRO, J. M. O.; SILVA, G. H. Método DFT para produção de tomate em ambiente protegido. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 713-719, 2007.

- FURLAN, R. A.; FOLEGATTI, M. V. Distribuição vertical e horizontal de temperatura do ar em ambientes protegidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 93-100, 2002.
- GUALBERTO, R. ; BRAZ, L. T. ; BANZATTO, D. A. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de tomateiro sob diferentes condições de ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 81-88, 2002.
- GUSMÃO M. T. A.; GUSMÃO S. A. L.; ARAÚJO J. A. C. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 431-436, 2006.
- HOLCMAN, E. **Microclima e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com diferentes coberturas plásticas**. Piracicaba, 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.
- IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v. 27 n. 11, p. 1-86, nov. 2014.
- KUMAGAIA, P. Plasticultura na Cooperativa Agrícola de Cotia - Cooperativa Central. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, 1989, Jaboticabal. **Anais**. FUNEP, 1991. p. 53-55.
- LIN, S. S. M.; HUBBEL, J. N.; SAMSON ISOU, S. C. S.; SPLITTSTOESSER, W. E. Drip irrigation and tomato yield under tropical conditions. **Hortscience**, Fort Collins, v.18, p.460-161, 1983.
- LOPES, M. C.; STRIPARI, P. C. **A cultura do tomateiro**. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. p. 257-319.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 342-346, 2006.
- MARTINS S. R.; FERNANDES H. S; ASSIS F. N.; MENDEZ M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 15-23, 1999.
- MARTINS, G. **Cultivo em Ambiente Protegido - O Desafio da Plasticultura**. Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. UFV, 2003. p.139-150.
- MATOS, J. A.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, H. M. Avaliação da distribuição de água de um microaspersor autocompensante. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 4, n. 3, p. 168-174, 1999.
- MIKISHIMA, N.; MIRANDA, J. E. C. O cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Instruções Técnicas do CNP Hortaliças**, 22 p., 1995.

MISHRA, H. S.; RATHORE, T. R.; TOMAR, V. S. Water use efficiency of irrigated wheat in the Tarai Region of India. **Irrigation Science**, Heidelberg, v.16, p.75-80, 1995.

MONTERO, J. I.; ANTÓN, A.; BIEL, C.; FRANQUET, A. Cooling of greenhouse with compressed air fogging nozzles. **Acta Horticulturae**, v. 281, n. 1, p. 199-209, 1990.

NUEZ, F. **El cultivo del tomate**. Madrid: Mundi-prensa, 2001. 793 p.

PARRA, J. P.; GÓMEZ, I. M C. **Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados**. Tecnologia de invernaderos II. Almeria: FIAPA, 1998. p. 163-177.

PERALTA, I. E. Department of Agronomy, National University of Cuyo,Almirante Brown 500, 5505 Chacras de Coria, Lujan, Mendoza,Argentina. IADIZA-CONICET,C.C. 507, 5500 Mendoza,Argentina TGC REPORT 56, 2006.

PEREIRA, E. R. **Cultivo da rúcula e do rabanete sob túneis baixos cobertos com plástico com diferentes níveis de perfuração**. Piracicaba, 2002. 113 p.

PEZZOPANE, J. E. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A. Modificações microclimáticas provocadas por estufas com cobertura plástica. **Bragantia**, v. 54, n. 2, p. 419-425, 1995.

POLVERENTE, M. R.; FONTES, D. C.; CARDOSO, A. I. I. Produção e qualidade de sementes de berinjela em função do horário de polinização manual. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 467-472, 2005.

PURQUERIO, L. F. V.; GOTO, R. Dose de nitrogênio em cobertura via fertirrigação e espaçamento entre plantas sobre a cultura da rúcula, em campo e ambiente protegido. In: CONGRESSO IBÉRICO DE CIÊNCIAS HORTÍCOLAS E CONGRESSO IBEROAMERICANO DE CIÊNCIAS HORTÍCOLAS, 2005, Porto. **Anais Porto...**: Actas Portuguesas de Horticultura, 2005. p. 336-341.

RADIN, B. **Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo tomateiro cultivado em diferentes ambientes**. Porto Alegre, 2002. 127 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

REIS L. S.; AZEVEDO C. A. V. de; ALBUQUERQUE A. W. e JUNIOR J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 386–391, 2013.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V. DE. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.289-296, 2009.

RICK, C. M. The tomato. **Scientific American**, New York, v. 239, n. 2, p. 66-76, 1978.

ROCHA, M. C.; GONÇALVES L. S. A.; CORRÊA, F. M.; RODRIGUES R.; SILVA, S. L.; ABOUD, A. C. de S.; CARMO, M. G. F. do. Descritores quantitativos na determinação da divergência genética entre acessos de tomateiro do grupo cereja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 664-670, 2009.

ROCHA, R. C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro**. Botucatu, 2007. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2007.

RODRIGUES, M. B.; DORNELLES, A. L. C.; SILVA, V. O. M. Z.; PESSOA, C. A.; SERRALHA, B. C. S.; SILVA, D. A. G.; PEREIRA, M. B. Caracterização morfológica de 25 cultivares de tomateiro tipo cereja – caracteres da planta. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, 2008.

ROMANINI, C. E. B.; GARCIA, A. P.; ALVARADO, L. M.; CAPPELLI, N. L. e UMEZU, C. K. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1193–1201, 2010.

SAEED, I. A. M.; EL-NADI, A. H. Irrigation effects on the growth, yield, and water use efficiency of alfalfa. **Irrigation Science**, Heidelberg, v.17, p.63-68, 1997.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C. Efeito dos níveis de reposição de água no solo na produtividade do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 1378-1384, 2009.

SILVA JÚNIOR A. A.; PRANDO H. F. Cultivares e épocas de semeadura de tomate para o litoral catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v. 9, p. 48-50, 1989.

SILVA, J. M. da; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F. e GOMES, J. P. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 40–46, 2013.

SOUSA, V. F.; COÊLHO, E. F.; FIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; OLIVEIRA, F. C. Frequência de irrigação por gotejamento na eficiência do uso da água no meloeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p.214-216.

SOUZA, D. K. S.; LOPES, M. J. A.; NASCIMENTO FILHO, M. F.; MOURA, F. M. A. L.; LIRA, R. F.; FILHO, M. T. F. Efeito da tela plástica na temperatura do solo e radiação solar na cultura do pimentão. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1995, Campina Grande. **Anais...** UFPB, 1995, p. 319-322.

SRINIVAS, K.; HEGEDE, D. M.; HAVANAGI, G. V. Plant water relations, canopy temperature, yield and water-use efficiency of water melon (*Citrullus lanatus* (Thamb.) Matsum et Nakai) under drip and furrow. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.64, n.1, p.115-124, 1989.

STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; ANDRIOLO, J. L.; SANDRI, M. A. Influência da densidade de plantas e da poda apical drástica na produtividade do tomateiro em

estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1105-1112, 1998.

VECCHIA, P. T. D.; KOCH, P. S. História e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200, p. 5-10, 1999.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D. J.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VERZIGNASSI, J. R.; CAIXETA, M. P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 355-372, 2004.