



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

VALSERGIO BARROS DA SILVA

RESPOSTA DO TOMATE CEREJA SOB CULTIVO ORGÂNICO AOS NÍVEIS DE
ÁGUA E DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA MORTA

FORTALEZA

2017

VALSERGIO BARROS DA SILVA

RESPOSTA DO TOMATE CEREJA SOB CULTIVO ORGÂNICO AOS NÍVEIS DE
ÁGUA E DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA MORTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito a obtenção do título de mestre na Área de Concentração Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa

FORTALETA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S584r Silva, Valsergio Barros da.
Resposta do tomate cereja sob cultivo orgânico aos níveis de água e diferentes tipos de cobertura morta /
Valsergio Barros da Silva. – 2017.
61 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Me. Raimundo Nonato Távora .
1. Análise econômica. 2. Cobertura do solo. 3. Função de produção. 4. Solanum lycopersicum var.
cerasiforme. I. Título.

CDD 664

VALSERGIO BARROS DA SILVA

RESPOSTA DO TOMATE CEREJA SOB CULTIVO ORGÂNICO AOS NÍVEIS DE
ÁGUA E DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA MORTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito a obtenção do título de mestre na Área de Concentração Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima
Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada - Inovagri

A minha avó Mãezor, por tudo
que representa em minha vida e que
certamente está comigo festejando este
grande momento.

(in memoriam)

Aos meus pais Maria do Carmo
e Valdimiro, aos meus irmãos e a minha
Namorada Janiquelle pelo apoio,
Dedicação e incentivo na
Realização deste trabalho

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua presença constante.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem, pela oportunidade e suporte oferecidos.

Aos meus pais, Maria do Carmo Barros da Silva e Valdimiro Vieira da Silva, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Aos meus irmãos Walcelio, Valcilene, Verônica e Valdones pelo amor e incentivos constantes.

À minha namorada Janiquelle da Silva Rabelo pela ajuda incondicional em todas as etapas do mestrado, pela paciência e principalmente pelo carinho. Valeu apenas todos os momentos que enfrentamos nessa caminhada.

Ao professor Dr. Raimundo Nonato Távora Costa, pelas orientações e ensinamentos, amizade, incentivo e contribuição para meu crescimento profissional.

Ao Doutor Almiro Tavares Medeiros pela amizade e pelos ensinamentos no transcorrer do curso.

Ao programa de estudantes de células cooperativas – Prece, pelo espaço físico para a realização do experimento e apoio financeiro. Em especial ao Prof. Andrade, Antonio Vanklane, Juliana, Thiago Alcântara, Júnior Alcântara, José Alfredo, Cláudio Andrade, pela amizade e auxílio na condução do experimento.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo - Semiárido (GPEAS-Semiárido), pelo empenho durante a realização deste estudo.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação e engrandecimento profissional.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Vale do Curu. Aos amigos, em especial: José Israel, Alfredo Mendonça, Edibergue Oliveira, João Germano, Danilo Nogueira, Francisco Thiago, Jeriane, Janaina, Aureliano, Edvânia, Luana, Laís Monique, Keivia, Mayara Santos, Antônio Neto, Lucas Aguiar, Ramon Cruz, Edilson Bier, Jorge, Iara, Priscila, Gladson, João de Deus, Tia Fátima, Tio Zé, enfim todos que compartilharam esses bons momentos durante estes dois anos.

RESUMO

Estudos sobre a produção de tomate cereja orgânico irrigado no semiárido, ainda são incipientes, no que se refere ao aspecto do manejo adequado da irrigação, principalmente, diante do cenário de crise hídrica no Estado do Ceará com chuvas nos últimos anos abaixo da média e reservas hídricas se exaurindo. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação técnica e econômica do efeito das diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo sobre a produção do tomate cereja, no período de agosto de 2016 a janeiro de 2017. O experimento foi realizado em uma área pertencente ao Programa de Educação em Células Cooperativas - (PRECE), no município de Pentecoste. Conduzido em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas subdivididas, compreendidas em cinco tratamentos primários nas parcelas e três tratamentos secundários dispostos nas subparcelas. Os tratamentos primários foram constituídos por cinco níveis de irrigação com 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura para irrigação localizada ($ET_{C_{loc}}$) e três tratamentos secundários constituídos por duas coberturas do solo, bagana de carnaúba –BC e capim elefante – CE; além de um tratamento testemunha, solo sem cobertura. A água utilizada na irrigação foi proveniente de poço raso localizado às margens do Rio Canindé. A cultura foi irrigada através de um sistema de irrigação por gotejamento. Os resultados obtidos permitiram concluir que uma área em torno de 0,5 ha é necessária para garantir renda suficiente à manutenção de cada trabalhador da família. A bagana de carnaúba demonstrou grande potencial como cobertura morta para minimizar a queda no rendimento da cultura de tomate cereja em condições de estratégia de irrigação com déficit.

Palavras-chave: Análise econômica. Cobertura do solo. Função de produção. *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*.

ABSTRACT

Studies on the production of irrigated organic cherry tomatoes in the semi-arid region are still incipient, regarding the aspect of adequate irrigation management, especially in the case of the water crisis in the State of Ceará, with rains in the last few years below average and reserves ending up of water. In this sense, the present work had as objective the technical and economic evaluation of the effect of the different irrigation slides and soil cover on the cherry tomato production, from August 2016 to January 2017. The experiment was carried out in an area belonging to the Education Program in cooperative cells - (PRECE), in the municipality of Pentecoste. Conducted in randomized blocks, with three replications and subdivided plots, comprised of five primary treatments in the plots and three secondary treatments arranged in the subplots. The primary treatments consisted of five irrigation levels with 50, 75, 100, 125 and 150% of evapotranspiration of the culture for localized irrigation (ET_{cloc}) and three secondary treatments consisting of two soil coverages, bagana de carnauba (BC) and elephant grass EC; In addition to a control treatment, soil without cover. The water used for irrigation came from a shallow well located on the banks of the Canindé River. The crop was irrigated by a drip irrigation system. The results obtained allowed us to conclude that an area of around 0.5 ha is necessary to guarantee sufficient income for the maintenance of each worker in the family.

Keywords: Economic analysis. Soil cover. Production function. *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa de localização do experimento. Pentecoste/CE, 2017..... | 22 |
| Figura 2 – Croqui do experimento..... | 24 |
| Figura 3 – Transplântio das mudas (A) e tutoramento com fitilho (B)..... | 26 |
| Figura 4 – Adubação de cobertura com composto orgânico (A) e capina nas subparcela (B). | 26 |
| Figura 5 – Temperaturas máxima média e mínima registradas durante a condução do experimento. Pentecoste - CE, 2017 | 37 |
| Figura 6 – Evapotranspiração de referência (ET _o) e evapotranspiração da cultura localizada (ET _{c loc}) durante o período do experimento. Pentecoste – CE, 2017 | 39 |
| Figura 7 – Lâmina acumulada no manejo de irrigação com níveis de 50, 75, 100, 125 e 150% da ET _{cloc} . Pentecoste – CE, 2017..... | 39 |
| Figura 8 – Produtividade do tomateiro cereja ‘Vermelho’ cultivado em solo com bagana, capim elefante e solo sem cobertura e submetido a diferentes níveis de irrigação. Pentecoste - CE. UFC, 2017..... | 41 |
| Figura 9 – Produto físico marginal da água (PFMa) para as diferentes lâminas de irrigação aplicada, em solo com (Bagana de carnaúba e Capim Elefante) e sem cobertura. Pentecoste/CE. UFC, 2017..... | 43 |
| Figura 10 – Custo e valor da produção do tomate cereja em função da lâmina de irrigação para o mês de janeiro de 2017. Pentecoste/ CE, UFC, 2017..... | 44 |
| Figura 11 – Eficiência no uso da água para o tomate cereja com diferentes níveis de água e cobertura do solo. Pentecoste/ CE, UFC, 2017 | 46 |
| Figura 12 – Valor agregado de produção do sistema cultivado com bagana, capim elefante e sem cobertura. Pentecoste - CE, 2017 | 50 |
| Figura 13 – Renda do agricultor (RA) em solo com (Bagana de carnaúba, Capim Elefante) e sem cobertura para 1,0 há. Pentecoste/ CE, 2017..... | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 – Atributos físicos do solo da área experimental. Pentecoste-CE, 2017. | 23 |
| Tabela 2 – Atributos químicos do solo da área experimental. Pentecoste-CE, 2017..... | 23 |
| Tabela 3 – Atributos químicos do substrato para adubação de cobertura. | 23 |
| Tabela 4 – Classificação de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) e coeficiente de variação do fabricante (CVf) de acordo com ASAE (1994). | 28 |
| Tabela 5 – Características da qualidade da água utilizada para irrigação. Pentecoste/CE, 2017. | 28 |
| Tabela 6 – Resumo da análise de variância e regressão da Produtividade do tomate cereja em função da água e da cobertura do solo. Pentecoste - CE, 2017..... | 40 |
| Tabela 7 – Resumo da análise de variância e regressão para a Eficiência do uso da água do tomate cereja em função da água e da cobertura do solo. Pentecoste - CE, 2017. | 45 |
| Tabela 8 – Coeficientes técnicos para produção de 1,0 ha de tomate cereja em solo coberto com Bagana de carnaúba e espaçamento de 1,0 x 0,5. Pentecoste/ CE, 2017. . | 488 |
| Tabela 9 – Coeficientes técnicos para produção de 1,0 ha de tomate cereja em solo coberto com capim elefante, espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Pentecoste/ CE, 2017..... | 48 |
| Tabela 10 – Coeficientes técnicos para produção de 1,0 ha de tomate cereja em solo sem cobertura, espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Pentecoste/ CE, 2017..... | 49 |
| Tabela 11 – Juros pagos à agente financiador em relação à créditos de investimentos do Pronaf Agroecologia. | 511 |
| Tabela 12 – Custo de mão de obra, referente ao cultivo de 1,0 ha de tomate cereja..... | 51 |
| Tabela 13 – Parâmetros utilizados para cálculo da renda do agricultor (RA) em solo com (Bagana de carnaúba – BC, Capim Elefante - CE) e sem (SC) cobertura para 1,0 ha de produção de tomate cereja. | 51 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| 2.1 | Escassez hídrica | 15 |
| 2.2 | Poço raso como alternativa de fonte de água para irrigação | 15 |
| 2.3 | Manejo da água em sistemas de irrigação localizada | 16 |
| 2.4 | Cobertura morta como estratégia para incremento na EUA | 17 |
| 2.5 | Função de resposta das culturas ao insumo água | 18 |
| 2.6 | A agricultura orgânica no Brasil | 19 |
| 2.7 | A cultura do tomate cereja (<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>) | 19 |
| 2.8 | Análise econômica | 21 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 3.1 | Caracterização da área do experimento | 22 |
| 3.2 | Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos | 24 |
| 3.3 | Instalação e condução do experimento | 24 |
| 3.4 | Sistema de irrigação e dotação de água à cultura | 27 |
| 3.5 | Função de produção | 31 |
| 3.6 | Eficiência no uso da água | 33 |
| 3.7 | Análise econômica do sistema de produção | 34 |
| 3.8 | Análise estatística | 36 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 4.1 | Temperatura do ar | 37 |
| 4.2 | Avaliação do sistema de irrigação | 38 |
| 4.3 | Manejo da irrigação | 38 |
| 4.3.1 | <i>Evapotranspiração</i> | 38 |
| 4.3.2 | <i>Lâminas de água associadas às taxas de reposição</i> | 39 |
| 4.4 | Função de produção | 40 |
| 4.4.1 | <i>Produtividade comercial</i> | 40 |
| 4.4.2 | <i>Análise econômica da lâmina água</i> | 42 |
| 4.5 | Eficiência no uso da água | 45 |
| 4.5.1 | <i>Produtividade da água da cultura (PA)</i> | 45 |
| 4.5.2 | <i>Produtividade econômica da água (PEA)</i> | 47 |

| | | |
|------------|--------------------------------|-----------|
| 4.6 | Análise econômica | 47 |
| 5 | CONCLUSÃO | 54 |
| | REFERÊNCIAS | 55 |

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as preocupações crescentes com os impactos ambientais causados pelas práticas agrícolas convencionais, aliadas ao aumento na demanda dos consumidores por produtos produzidos de forma sustentável levaram à maior adoção da agricultura orgânica pelos produtores (PRICE *et al.*, 2016).

Agricultura orgânica no Brasil cresce a uma taxa de 30 % ao ano e ganha cada vez mais espaço na cadeia agrícola e em 2015 movimentou cerca de R\$ 2,5 bilhões. O número de unidades de produção e número de produtores cresceu 32% e 52%, respectivamente, entre 2014 e 2015 (MAPA, 2016).

Dentre os produtos orgânicos cultivados, o tomateiro cereja (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) tem se tornado uma opção por parte dos agricultores, uma vez que possui boa rusticidade, alto valor de mercado, maior produtividade e boa aceitação por parte dos consumidores (MAIA *et al.*, 2013).

No entanto, a irrigação excessiva ou deficitária pode afetar negativamente a qualidade dos frutos do tomate (SANTANA *et al.*, 2010), tornando-se a aplicação do nível ótimo de irrigação vital para aumentar a produção e eficiência no uso de água (BERNARDO *et al.*, 2008).

Estudos sobre a produção de tomate cereja orgânico irrigado no semiárido brasileiro, ainda são incipientes, no que se refere ao aspecto do manejo adequado da irrigação, ou seja, o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada. Este é um aspecto relevante, principalmente, diante do cenário de crise hídrica no Estado do Ceará, com chuvas nos últimos anos abaixo da média histórica e reservas hídricas se exaurindo.

A situação é muito crítica na Bacia do Rio Curu, localizada no centro-norte do Estado, que em setembro de 2017, dispõe de 11,66 % de sua capacidade de armazenamento (CEARÁ, 2017). O açude Pereira de Miranda, principal açude da bacia, está com 1,72% de sua capacidade, sendo que desde 2013 foi suspensa a liberação de água para o abastecimento dos Perímetros Irrigados Curu Pentecoste e Curu Paraipaba.

Os agricultores irrigantes tiveram que recorrer a fontes alternativas de água, tal como a proveniente de poços rasos e profundos e escolher entre reduzir a área irrigada e aplicar uma lâmina de água que atenda a necessidade da cultura ou utilizar uma irrigação deficitária e irrigar uma área maior, e/ou investir em sistema de irrigação localizada.

Diante deste cenário, reduzir as perdas de água pelo processo de evaporação também é uma atividade fundamental no manejo de irrigação. Nesse contexto, a utilização de

cobertura morta é uma técnica indicada para regiões semiáridas (SOUZA *et al.*, 2008), apresentando diversas vantagens, pois promove maior retenção de água no solo, controle de plantas invasoras, redução da evaporação (ARAÚJO *et al.*, 2012), propicia menor variação da temperatura e umidade do solo, e formação de ambiente favorável para o desenvolvimento da planta (FERREIRA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2011; RESENDE *et al.*, 2005; STONE *et al.*, 2006).

Neste sentido, a presente pesquisa teve como objetivo a avaliação técnica e econômica do efeito de diferentes níveis de irrigação e coberturas do solo sobre a produtividade do tomate cereja, no município de Pentecoste, Ceará.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Escassez hídrica

O Brasil está entre os países com maior reserva de água doce, ou seja, 12% do deflúvio médio mundial (SHIKLOMANOV *et al.*, 2000). No entanto, devido às dimensões geográficas e diversidades climáticas, algumas regiões sofrem graves problemas de escassez hídrica, como é o caso do semiárido nordestino (BRITO *et al.*, 2007). Nesta região encontra-se apenas 3,3 % do total de água existente no país e abriga 27% da população da região Nordeste (PAZ *et al.*, 2000).

Entre 2012 e 2013 foi registrada a pior seca no semiárido nordestino dos últimos 50 anos, conforme constatou a Organização Meteorológica Mundial (OMM), agência das Nações Unidas especializada em monitorar eventos climáticos (SENADO FEDERAL, 2014). Essa região sempre estará sujeita à secas periódicas, devido à ocorrência de chuvas irregulares e mal distribuídas geograficamente, tais problemáticas estão associadas a três fenômenos: à temperatura da água do oceano atlântico, ao “El Niño”, por meio do aquecimento das águas do oceano pacífico e à baixa umidade atmosférica (SANTOS *et al.*, 2012a).

No Ceará, a falta de água também atingiu os projetos de irrigação, dos 14 perímetros irrigados instalados, 12 estão com o sistema de distribuição de água em colapso. Como os açudes estão com volumes críticos, a prioridade é para o abastecimento humano, encerrando ou racionando as quantidades de água liberadas para os sistemas coletivos de irrigação (DNOCS, 2017).

O déficit hídrico influencia na produção agrícola com maior frequência e intensidade, em praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal, diminuindo a taxa de fotossíntese pela redução da área foliar e afetando vários outros processos fisiológicos, além de alterar o ambiente físico das culturas por modificar o balanço de energia do sistema (FONTANA *et al.*, 1992). Fatores que influenciam diretamente a produtividade das culturas.

2.2 Poço raso como alternativa de fonte de água para irrigação

Com a escassez dos recursos hídricos de superfície, os recursos hídricos subterrâneos vêm sendo utilizados como uma alternativa em escala local e de caráter familiar na irrigação de pequenas áreas e para dessedentação animal, por meio da construção de poços

rasos nos vales aluviais de rios e riachos. Para Suassuna e Audry (1995), as águas subterrâneas dos aquíferos aluviais apresentam, muitas vezes, salinidade e sodicidade altas, entretanto, os mecanismos de renovação e diluições são relativamente rápidos, quando comparados aos aquíferos fraturados, a depender da sazonalidade das precipitações pluviométricas.

De acordo com Silveira (2014), os poços rasos captam água do lençol freático, ou seja, água que se encontra acima da primeira camada impermeável do solo. Estes podem apresentar água de boa qualidade, quando estão livres de poluentes, em comparação a água de poços profundos. Em pesquisa na qual se realizaram testes de produção em poços rasos construídos nos aluviões do Rio Curu, localizados no Perímetro Irrigado de Pentecoste-CE obtiveram-se vazões de exploração variando entre 4,5 e 111,9 m³ h⁻¹ e a água não apresentou limitações de ordem física e/ou química para fins de irrigação dos principais cultivos no Perímetro (SILVEIRA 2014).

Albuquerque *et al.* (2015) afirmam que os aquíferos aluviais é uma opção adequada para o desenvolvimento do meio rural do Nordeste Brasileiro, porém, no uso para irrigação é recomendado um manejo eficiente que minimize os riscos de salinização e solidificação do solo e as perdas por evaporação.

2.3 Manejo da água em sistemas de irrigação localizada

A água é um dos fatores principais na produção de alimentos, no entanto, é preciso usá-la de forma racional, principalmente quando se trata de agricultura irrigada, por isso adotar um manejo e sistema de irrigação adequado é fundamental para garantir o uso eficiente da água (GALLON *et al.*, 2015).

O manejo da irrigação consiste na determinação do momento, da quantidade e de como aplicar a água nas culturas, levando em consideração pontos importantes, como avaliação e ajuste do sistema de irrigação, redução do desperdício de água, cultura e previsão de produtividade (MAROUELLI *et al.*, 2011). O processo para determinação do momento da irrigação e da quantidade de água a ser aplicada pode ser de acordo com monitoramento das condições atmosféricas, condições de umidade do solo ou condições de água na planta.

O manejo baseado no monitoramento das condições atmosféricas vem sendo o mais utilizado em virtude da possibilidade de utilização de algumas variáveis para determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c). (MANTOVANI *et al.*, 2009). Existem vários métodos para quantificar a ET_c, sendo o mais comum a estimada pelo tanque classe A, obtida por meio da multiplicação da evaporação do tanque (ECA), correção da leitura do tanque (K_p) e coeficiente

da cultura (Kc) (COELHO *et al.*, 2005). Erros ao estimar ETc podem resultar em redução nos rendimentos, desperdícios de água, aumento na salinização do solo, plantas com respostas fisiológicas indesejáveis, ou uma combinação destes e outros fatores (EVANS; SADLER, 2008).

Atualmente, existem vários sistemas de irrigação, porém as tecnologias de irrigação por gotejamento apresentam-se dentre a mais eficiente (MAROUELLI; SILVA, 2008). O gotejamento pode ser utilizado em uma faixa ampla de terra e tem permitido a expansão da produção de culturas irrigadas em áreas com solos problemáticos (taxas de infiltração muito baixas ou muito altas), solos salinizados e com água de baixa qualidade em que não é possível o cultivo com outros métodos de irrigação (EVANS; SADLER, 2008).

A aplicação de água direto no sistema radicular diminui as perdas por evaporação e escoamento superficial, e aumenta a eficiência de aplicação em comparação a outros sistemas de irrigação. O gotejamento é ideal para propriedades agrícolas com baixa disponibilidade de água, além disto, possibilita a aplicação mais uniforme de fertilizantes via água de irrigação, aumenta a diluição dos sais na zona radicular, permite irrigar em regime de alta frequência, reduz os custos de produção pela economia de energia e mão de obra para capinas (MAROUELLI *et al.*, 2012).

Bernardo *et al.* (2008), cita como desvantagem do sistema de irrigação por gotejamento, a suscetibilidade ao entupimento, necessitando da utilização de sistema de filtragem, não permite o controle eficaz do microclima e pode promover o acúmulo gradual de sais na extremidade do bulbo molhado. Para Esteves *et al.* (2012), outra desvantagem é o alto custo de implantação e a exigência de mão de obra especializada.

2.4 Cobertura morta como estratégia para incremento na eficiência do uso da água

A adoção de técnicas que promovam melhorias no desempenho das culturas e na eficiência do uso da água são primordiais nas regiões semiáridas que sofrem com a escassez de recursos hídricos; dentre as técnicas utilizadas cita-se o uso de cobertura do solo (CARVALHO *et al.*, 2011).

Os tipos de cobertura de solo variam entre materiais orgânicos e vegetais como bagana de carnaúba, casca de arroz, capim, raspa de madeira e diversos filmes de polietileno (MENESES *et al.*, 2016). Dentre as vantagens, destacam-se: maior retenção de umidade no solo e controle de plantas invasoras, menor variação da temperatura do solo, proteção aos frutos, evitando o contato direto com a terra, redução na perda de nutrientes por lixiviação e melhoria

dos atributos físicos e químicos do solo (SANTOS *et al.*, 2012b). Redução da taxa de evaporação, que promove incremento na eficiência do uso da água pelas culturas (TEÓFILO *et al.*, 2012; BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990). Freitas *et al.* (2004) relatam que a perda de água por evaporação no solo sem cobertura foi três vezes superior à do solo com cobertura morta.

2.5 Função de resposta das culturas ao insumo água

Em todos os setores da economia, o objetivo principal é gerar lucro, e no setor agrícola não é diferente. No processo de produção os insumos devem ser usados de forma racional, buscando-se a maximização dos retornos econômicos (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Na agricultura irrigada, a água é um insumo indispensável e deve ser otimizado para permitir uma melhor aplicação de outros insumos, para isto o conhecimento das funções de resposta ou produção são ferramentas ideais para avaliar a interação dos fatores e definir a estratégia adequada com a realidade local para o manejo racional da irrigação (BERNARDO, 1988).

De acordo com Frizzone (2005), as funções de resposta das culturas, com bases experimentais, são informações valiosas para o gerenciamento das propriedades agrícolas. Para Ferguson (1988), uma função de produção é definida como uma relação física entre as quantidades de certo conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que podem ser obtidas do produto para dada tecnologia existente. Segundo Marinho (2007), o maior problema encontrado nas pesquisas agrícolas é identificar a função estatística adequada que descreva as relações básicas de insumo-produto.

Os modelos estatísticos que descrevem uma função de produção mais comumente utilizada nas análises econômicas das pesquisas agrícolas são: Quadrático, Potência 3/2 e Raiz Quadrada (HEXEM; HEADY, 1978). Entretanto, o modelo polinomial quadrático, utilizado por vários pesquisadores (MANTOVANI, *et al.*, 2012; OLIVEIRA, *et al.*, 2012; BILIBIO, *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2008), na maioria das vezes representa com maior precisão as estimativas de produção.

De acordo com Frizzone e Andrade Junior (2005), na agricultura irrigada, um grande número de variáveis, influenciam a produtividade das culturas e a complexidade de suas inter-relações, porém, a produtividade pode ser expressa, exclusivamente, em função da água utilizada pelo cultivo, desde que os demais fatores de produção permaneçam fixos e em nível ótimo. Para Amaral (2013), a forma clássica de função de produção para água procura relacionar lâmina de água aplicada com rendimento das culturas.

2.6 A agricultura orgânica no Brasil

Nos últimos anos, as preocupações crescentes com os impactos ambientais causados pelas práticas agrícolas convencionais, aliadas ao aumento na demanda dos consumidores por produtos produzidos de forma sustentável levaram à maior adoção da agricultura orgânica (PRICE *et al.*, 2016).

No Brasil a agricultura orgânica cresce a uma taxa de 30% ao ano e ganha cada vez mais espaço na cadeia agrícola brasileira. Em 2014, movimentou cerca de R\$ 2 bilhões. Os produtos orgânicos agregam, em média, 30% a mais no preço dos produtos, quando comparado aos produtos convencionais (MAPA, 2016).

A ascensão dos produtos orgânicos, no contexto mundial, é devido à maior conscientização dos consumidores, que buscam hábitos alimentares mais saudáveis, e a preocupação com a segurança dos alimentos que adquirem, quanto à ausência de resíduos químicos decorrentes da aplicação abusiva de agrotóxicos (TAMISO, 2005), como também a necessidade da proteção dos produtores e do ambiente (SEDIYAMA *et al.*, 2014).

O tomate é uma das hortaliças mais procuradas pelos consumidores, no entanto, é uma das culturas com maior uso de produtos químicos no sistema de produção convencional (MAROUELLI *et al.*, 2011). Ainda existem grandes dificuldades de produção no sistema de cultivo orgânico, em decorrência dos problemas sanitários que a cultura apresenta (SCHALLENBERGER *et al.*, 2008). Neste contexto, o tipo cereja *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* tem se tornado uma alternativa para muitos agricultores, por apresentar boa rusticidade, apresentar alto valor de mercado e boa aceitação dos consumidores (MAIA *et al.*, 2013).

2.7 A cultura do tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)

O tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) pertence ao grupo de cultivares para mesa e cresce em importância nos mercados das grandes cidades (VIEIRA *et al.*, 2014). A nomenclatura do grupo cereja vem sendo discutida por alguns autores que consideram mini tomate a melhor denominação. Os frutos variam amplamente na coloração amarelo e vermelho, com formato redondo, periforme ou ovalado, ou laranja, possui peso médio que varia de 5 a 30 g por fruto e cacho com 6 a 18 frutos ou mais (ALVARENGA, 2004).

Considerada uma hortaliça exótica, o fruto está sendo incorporado em cardápios de restaurantes na confecção de vários pratos e aperitivos por serem pequenos e delicados, desta forma ele vem ganhando mais atenção dos produtores uma vez que apresentam preços mais

atrativos, e seu valor médio de mercado chega a ser duas vezes superior aos preços das outras variedades (ARAUJO *et al.*, 2013). Devido o tomate cereja ser consumido, principalmente, em salada, a procura pelos frutos produzidos no sistema orgânico vem crescendo nos últimos anos (VIEIRA *et al.*, 2014).

De acordo com Junqueira *et al.* (2011), o grande diferencial do tomate cereja é o sabor muito adocicado e teor de sólidos solúveis totais entre 9 e 12 °Brix, enquanto, os tomates tradicionais possuem entre 4 e 6 °Brix.

No entanto, a irrigação excessiva ou deficitária pode afetar negativamente a qualidade dos frutos do tomate (DORAIS *et al.*, 2004). Tornando-se a aplicação do nível ótimo de irrigação, vital para aumentar a produção e eficiência no uso de água de irrigação (ABDEL-RAZZAK *et al.*, 2016).

Marouelli e Silva (2006) relatam que o tomateiro é exigente em água e responde negativamente tanto ao excesso quanto ao déficit hídrico. Para Giordano e Silva (2000), a cultura apresenta grande capacidade de adaptação sob diferentes condições climáticas, talvez esse seja um dos motivos de ser cultivado em quase todo o mundo.

Koetz *et al.* (2010) estudando a caracterização agrônômica e tecnológica de tomate industrial sob diferentes lâminas de irrigação em sistema de gotejamento observaram que o aumento da lâmina de água propiciou um aumento linear no diâmetro dos frutos.

Em estudo realizado por Silva, (2012), verificou-se que a produtividade e qualidade de frutos de tomateiro cultivado sob taxas de reposição hídrica apresentaram um comportamento linear crescente em relação às lâminas de irrigação que variavam de 33 a 166 % da ETc. E uma elevação na produção média dos frutos, com o aumento das lâminas de irrigação, e decrescendo nas lâminas acima de 133% da ETc.

Sá *et al.* (2005), trabalharam com tensões hídrica no solo em ambiente protegido com cultivo de tomate, e notaram que a eficiência de uso da água apresentou resposta linear crescente, com o aumento da tensão da água no solo.

Valiati *et al.* (2012) observaram que o ponto que apresentou maior EUA foi o que incidiu sobre o tratamento que determinava 1,5 da evaporação do mini-tanque evaporímetro.

Silva *et al.*, 2012 observou que o número de frutos e a produção por planta foram os componentes de produção do tomateiro 'Caline IPA 6' que foram mais influenciados negativamente pelo déficit e pelo excesso de água disponível.

2.8 Análise econômica

A principal característica na análise econômica de sistemas de produção agropecuária de acordo com a abordagem dinâmica da agricultura nos sistemas agrários, é a utilização do valor agregado (VA), definido pela subtração da produção bruta pelos insumos gastos no processo produtivo, como por exemplo, adubos e combustíveis e pela depreciação e máquinas e instalações (SILVA NETO, 2005).

O responsável por uma unidade de produção no término do processo produtivo não se apropria de todo o valor agregado gerado, sendo necessário compartilhar com outros agentes econômicos envolvidos, direto ou indiretamente no processo produtivo, como a remuneração dos trabalhadores contratos, juros pagos aos bancos por financiamentos, impostos provenientes da terra e arrendamento. Portanto, a parte do valor que sobra para a renda do agricultor (RA), pode ou não ser suficiente para assegurar o nível reprodução social (NRS) (SILVA NETO *et al.*, 2016).

O nível de reprodução social corresponde a uma renda suficiente para que os agricultores tenham condições materiais mínimas para a sua sobrevivência, como habitação, alimentação e vestuário, mas também desperte o interesse em se manter na unidade de produção. Para isso, é necessário igualar o nível de reprodução social à renda que esses agricultores poderiam obter, caso se dedicasse a outra atividade, ou seja, corresponde ao custo de oportunidade da sua mão de obra na agricultura ou fora dela (SILVA NETO *et al.*, 2009).

A partir do cálculo do valor agregado (VA) e da renda do agricultor (RA) proporcionados pelo sistema de produção, são elaborados modelos lineares que representam a variação do resultado econômico valor agregado ou renda dos sistemas de produção em relação à superfície agrícola útil por unidade de trabalho (SAU/UT).

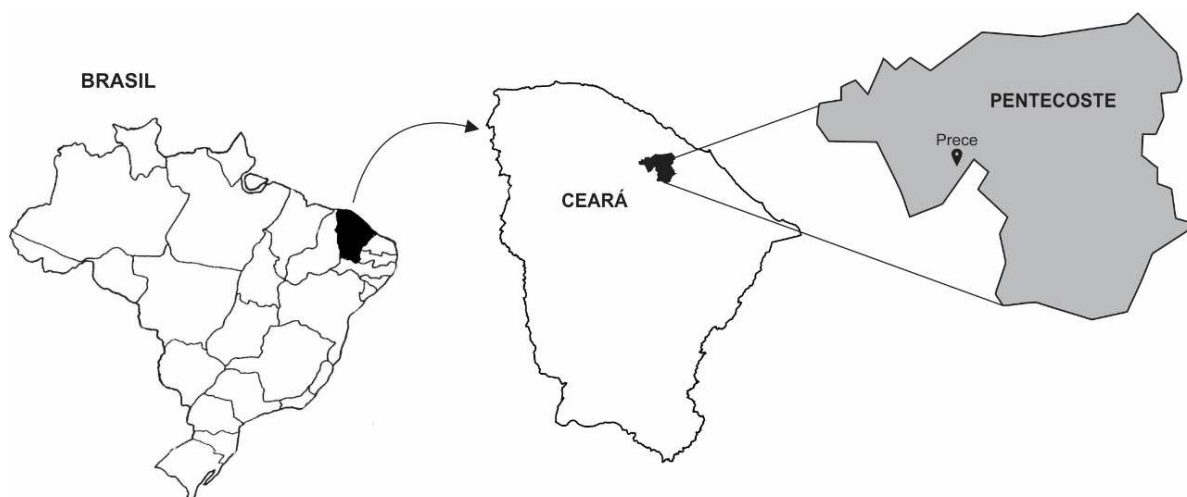
Desta forma, a análise deve ser realizada considerando uma unidade de produção a ser implantada, pois, dentre os objetivos dos modelos lineares está a identificação de uma escala mínima para que o sistema de produção assegure a reprodução social do agricultor (SILVA NETO, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área do experimento

A pesquisa foi conduzida no período de julho/2016 a janeiro/2017 na área pertencente ao Prece (Programa de Educação em Células Cooperativas), município de Pentecoste, Ceará, com coordenadas geográficas de 39°12'46" de longitude, 03°55'20" de latitude e 56 m de altitude, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização do experimento. Pentecoste/CE, 2017



Fonte: Adaptado de IBGE 2017.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw'h', quente e semiárido, com chuvas irregulares distribuídas de fevereiro a maio. A precipitação pluviométrica média anual histórica da região é de 860 mm, evaporação de 1475mm, temperatura média anual 26,8°C e umidade relativa média do ar de 73,7%.

O solo possui relevo razoavelmente plano, classificado como Bruno não cálcico (EMBRAPA, 2017a). As características dos atributos físicos e químicos do solo foram realizadas antes da implantação do experimento, com amostragem de solo na camada de 0 – 0,20 m, cujos valores são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

O solo apresenta textura franco arenosa, bem drenável, sem risco de problemas de salinidade e de sodicidade (NAIKA *et al.*, 2006). O pH está dentro da faixa ideal para o cultivo do tomateiro, entre 5,5 e 7,0 (ALMEIDA *et al.*, 2012). A baixa capacidade de armazenamento (12,2 mm), nos primeiros 0,20 m, sugere manejo da irrigação com frequência diária.

Tabela 1 – Atributos físicos do solo da área experimental. Pentecoste-CE, 2017

| Atributos físicos | Profundidade (0- 0,2m) |
|--|-------------------------------|
| Areia Grossa (g kg ⁻¹) | 551 |
| Areia Fina (g kg ⁻¹) | 229 |
| Silte (g kg ⁻¹) | 141 |
| Argila (g kg ⁻¹) | 79 |
| Argila Natural (g kg ⁻¹) | 59 |
| Classificação Textural | Franco-arenosa |
| Densidade do solo (kg m ⁻³) | 1490 |
| Densidade de partículas (kg m ⁻³) | 2770 |
| Capacidade de campo (g 100g ⁻¹) | 9,04 |
| Ponto de murcha permanente (g 100g ⁻¹) | 4,94 |

Fonte: Laboratório de solos/água – Funceme (2016).

Tabela 2 – Atributos químicos do solo da área experimental. Pentecoste-CE, 2017

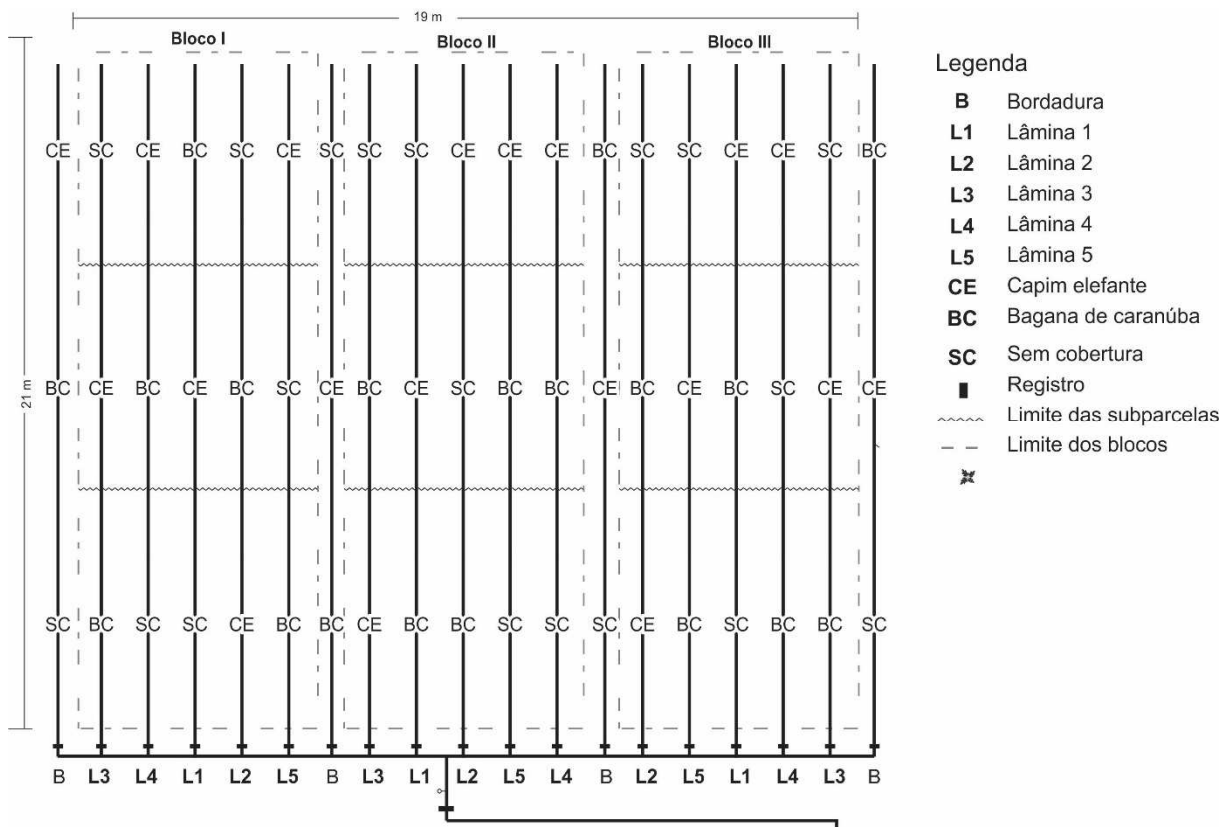
| Atributos químicos | Profundidade (0 - 0,2m) |
|---|--------------------------------|
| Cálcio (cmol _c kg ⁻¹) | 3,00 |
| Magnésio (cmol _c kg ⁻¹) | 1,50 |
| Sódio (cmol _c kg ⁻¹) | 0,05 |
| Potássio (cmol _c kg ⁻¹) | 0,29 |
| Hidrogênio + Alumínio (cmol _c kg ⁻¹) | 2,48 |
| Alumínio (cmol _c kg ⁻¹) | 0,15 |
| Soma de bases (cmol _c kg ⁻¹) | 4,8 |
| CTC (cmol _c kg ⁻¹) | 7,3 |
| Saturação por base (%) | 66 |
| Matéria Orgânica (g kg ⁻¹) | 9,62 |
| Fósforo Assimilável (mg kg ⁻¹) | 6 |
| Ferro (mg kg ⁻¹) | 18,00 |
| Cobre (mg kg ⁻¹) | 0,80 |
| Zinco (mg kg ⁻¹) | 0,40 |
| Manganês (mg kg ⁻¹) | 30,80 |
| pH em água (1:2,5) | 5,9 |
| CE (dS.m ⁻¹) | 0,16 |

Fonte: Laboratório de solos/água – Funceme (2016).

3.2 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas subdivididas, compreendida em cinco tratamentos primários nas parcelas e três tratamentos secundários dispostos nas subparcelas. Os tratamentos primários foram constituídos por cinco níveis de irrigação com 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura para irrigação localizada (ET_{cloc}) e três tratamentos secundários constituídos por duas coberturas do solo, bagana de carnaúba –BC e capim elefante – CE; além de um tratamento testemunha, solo sem cobertura. A parcela constituiu de área com $28,0 \text{ m}^2$ ($1,0 \text{ m} \times 28,00 \text{ m}$) e a subparcela com área de $7,0 \text{ m}^2$ ($1,0 \text{ m} \times 7,0 \text{ m}$) composta por 12 plantas, sendo consideradas úteis as três plantas centrais (Figura 2). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre linhas.

Figura 2 – Croqui do experimento



Fonte: Autor.

3.3 Instalação e condução do experimento

O preparo da área consistiu da limpeza e destocamento dos restos vegetais, distribuição de 20 kg de esterco bovino por m^2 , seguido de gradagem para destorroamento e

incorporação do composto a uma profundidade de 0,30 m, 90 dias antes da instalação da cultura em campo.

A preparação dos canteiros com dimensões de 28 m x 0,8 m e espaçados em 0,2 m foi realizada com enxada manual. A adubação foi baseada na recomendação de Sousa (2010), cuja aplicação de 20.000 kg ha⁻¹ de composto orgânico (análise na Tabela 3) foi realizada uma semana antes do transplante.

Tabela 3 – Atributos químicos do substrato para adubação de cobertura. Pentecoste-CE, 2017

| Atributos químicos | |
|---|-------|
| Cálcio (cmol _c /dm ³) | 14,00 |
| Magnésio (cmol _c kg ⁻¹) | 9,2 |
| Potássio (mg/dm ³) | 1690 |
| Hidrogênio + Alumínio (cmol _c kg ⁻¹) | 1,0 |
| Alumínio (cmol _c kg ⁻¹) | 0,0 |
| Soma de bases (cmol _c kg ⁻¹) | 28,2 |
| CTC (t) (cmol _c /dm ³) | 28,2 |
| CTC (T) (cmol _c /dm ³) | 29,2 |
| Saturação por base (%) | 97 |
| Matéria Orgânica (dag/kg) | 14,3 |
| Fósforo Assimilável (mg/dm ³) | 314,7 |
| Ferro (mg/dm ³) | 26,9 |
| Cobre (mg/dm ³) | 0,4 |
| Zinco (mg/dm ³) | 20,4 |
| Manganês (mg/dm ³) | 100,3 |
| pH em água | 6,9 |

Fonte: Laboratório de solos/água – Funceme (2016).

Em seguida foram instalados os tratamentos secundários com capim elefante triturado e bagana de carnaúba nas quantidades de 19 e 27.000 kg ha⁻¹, respectivamente, de modo que proporcionasse uma espessura de aproximadamente 0,03 m.

As mudas de tomate cereja cv. vermelho da Topseed foram produzidas em bandejas de polietileno de 162 células, preenchidas com substrato contendo 90% de húmus e 10% de vermiculita. Foram semeadas duas sementes por célula, com posterior desbaste entre 10 e 15

dias após a semeadura (DAS). As bandejas permaneceram em casa de vegetação, cobertas com plástico agrícola e sombrite 50%.

O transplântio foi realizado aos 27 dias após a semeadura (DAS) quando as mudas apresentaram entre quatro e seis folhas definitivas, Figura 2 A. O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entre plantas e 1m entre fileira de cultivo.

Aos 20 dias após o transplântio das mudas (DAT) foi realizado o tutoramento vertical com fitilho de polietileno (Figura 2 B) e a adubação de cobertura, equivalente a 500 g planta⁻¹ de composto orgânico aos 20, 40 e 60 dias após o DAT, Figura 3A.

As desbrotas foram realizadas semanalmente, sendo retiradas todas as brotações laterais, deixando duas hastes principais. A poda apical foi efetuada após o oitavo cacho em cada haste. A cada 15 dias foram realizadas capinas nas subparcelas que não havia cobertura do solo e mensalmente nas parcelas com bagana de carnaúba e capim elefante triturado, Figura 3B.

Figura 3 – Transplântio das mudas (A) e tutoramento com fitilho (B).



A



B

Fonte: Autor.

Figura 4 - Adubação de cobertura com composto orgânico (A) e capina nas subparcela (B).



A



B

Fonte: Autor.

Semanalmente era realizada a aplicação de defensivos alternativos, tanto para o controle como para prevenção da incidência de pragas e doenças. Foram aplicados extratos de nim, detergente neutro e óleo Soya, calda sulfocálcica e calda bordalesa.

3.4 Sistema de irrigação e dotação de água à cultura

Foi utilizado o sistema de irrigação localizada tipo gotejamento com emissores autocompensantes do tipo botão, espaçados em 0,50 m, com vazão de 3,8 L h⁻¹ e pressão de serviço de 20 mca, com tubos de polietilenos de 16 mm. A manutenção do sistema consistiu em fazer regularmente a lavagem do filtro de discos e das mangueiras (linhas laterais), com abertura no final das linhas a fim de eliminar incrustações de partículas formadas no interior das mesmas.

No sentido de verificar a uniformidade de distribuição de água na superfície foi utilizada a metodologia proposta por Keller; Karmeli (1975). Foram avaliados os seguintes parâmetros: coeficiente de uniformidade de distribuição – CUD (Equação 1), coeficiente de uniformidade estatístico - CUE (Equação 2) e Coeficiente de Variação de Fabricação – CVf (Equação 3).

A determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição foi baseada na metodologia de Merriam e Keller (1978).

$$CUD = 100. \left(\frac{q_{25}}{q_{med}} \right) \quad (1)$$

em que:

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, %;

q₂₅ - vazão média do menor quartil, L h⁻¹;

q_{med} - média aritmética das vazões coletadas, L h⁻¹.

$$CUE = 100. \left[1 - \left(\frac{Sd}{q_{med}} \right) \right] \quad (2)$$

em que:

CUE - coeficiente de uniformidade estatístico, %;

Sd - desvio padrão;

qmed - média aritmética das vazões coletadas, L h⁻¹

$$CVf = \frac{Sd}{qmed} \quad (3)$$

em que:

CVf - coeficiente de variação do fabricante.

A interpretação dos coeficientes baseou-se nos valores classificados pela ASAE (1994), conforme consta na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) e coeficiente de variação do fabricante (CVf) de acordo com ASAE (1994)

| Classificação | CUD (%) | CUE (%) | Classificação | CVf(%) |
|---------------|----------|----------|---------------|---------|
| Excelente | 100 – 94 | 100 – 95 | Excelente | < 5 |
| Bom | 87 – 81 | 90 – 85 | Média | 5 – 7 |
| Razoável | 75 – 68 | 75 – 68 | Marginal | 7 – 11 |
| Ruim | 62 – 56 | 62 – 56 | Ruim | 11 – 15 |
| Inaceitável | < 50 | < 50 | Inaceitável | > 15 |

A fonte de água utilizada para a irrigação foi proveniente de um poço amazonas de 10,0 m de profundidade, 5,0 m de diâmetro, localizado à margem esquerda do Rio Canindé no município de Pentecoste, no período mais crítico para as condições em que a pesquisa foi realizada a vazão foi de 12 m³ h⁻¹. Na tabela 5 são apresentados alguns atributos da qualidade da água do poço amazonas.

Tabela 5 – Atributos da qualidade da água utilizada para irrigação. Pentecoste/CE, 2017

| Características da qualidade da água | Valor | Unidade |
|--------------------------------------|-------|-----------------------------------|
| Ph | 6,90 | |
| K | 0,1 | mmol _c L ⁻¹ |
| Ca ²⁺ | 4,8 | mmol _c L ⁻¹ |
| Mg ²⁺ | 5,8 | mmol _c L ⁻¹ |
| Na ⁺ | 4,0 | mmol _c L ⁻¹ |
| Cl | 10,2 | mmol _c L ⁻¹ |
| HCO ³⁻ | 4,6 | mmol _c L ⁻¹ |

| | | |
|------------------|-------------------------------|--------------------|
| CE | 1,46 | dSm ⁻¹ |
| Sólidos solúveis | 1.460 | mg L ⁻¹ |
| RAS | 1,23 | |
| Classificação | C ₃ S ₁ | |

Fonte: Laboratório de Análise de Solos, Fuceme – UFC. 2016.

A condutividade elétrica da água apresentou valor de salinidade aceitável para a cultura do tomate. Conforme Rhoades *et al.* (1992), a salinidade limiar do tomate, em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), é de 2,5dS m⁻¹, com decréscimo relativo de 9,0% por aumento unitário da CEes.

A aplicação de água à cultura era realizada duas vezes ao dia, cujo controle era realizado através de um tanque Classe A, localizado a cinco metros da área experimental. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada pelo produto da evaporação medida no tanque (ECA) e o coeficiente do tanque (K_t). O valor da evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida pelo produto do valor da ET_o e coeficiente da cultura (K_c) do tomate para as fases inicial, vegetativa, floração, frutificação e maturação, cujos valores de referência foram de 0,5; 0,8; 1,25; 0,9; 0,65, respectivamente (DOORENBOS; KASSAN, 1994).

Os dados de temperatura máxima, média e mínima foram obtidas da estação meteorológica da Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) em Pentecoste, localizada a 31 km de distância da área do experimento.

Por se tratar de um sistema de irrigação localizada a ET_c foi corrigida em relação à percentagem de área molhada ou sombreada, conforme indicado por Bernardo *et al.* (2008).

Para o cálculo da porcentagem de área molhada e sombreada foram utilizadas as equações 4 e 5, respectivamente.

$$PAM = NEP \cdot \frac{Se \cdot W}{(Sp \cdot Sf)} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

PAM – porcentagem da área molhada, em (%);

Se – espaçamento entre emissores, em m;

Sp – espaçamento entre plantas, em m;

Sf – espaçamento entre fileiras, em m;

W – diâmetro máximo do bulbo molhado por emissor (m²); e

NEP – número de emissores por planta.

$$PAS = \frac{AS}{AT} \cdot 100 \quad (5)$$

em que:

PAS – porcentagem da área sombreada, em (%);

AS – área sombreada pela planta, em m²;

AT – área total da planta, em m²;

A evapotranspiração da cultura foi corrigida, devido a irrigação ser localizada pela Equação 6 (KELLER; BLIESNER, 1990; BERNARDO *et al.*, 2008).

$$ET_{cloc} = ETc \cdot 0,1 \cdot \sqrt{Pw} \quad (6)$$

em que:

ETc – evapotranspiração potencial da cultura, em mm.dia⁻¹;

Pw – porcentagem da área molhada ou sombreada, prevalecendo o maior valor em (%);

O tempo de aplicação de água foi calculado conforme a equação 7.

$$Ti = \frac{ET_{cloc} \cdot Se \cdot Sf \cdot FL \cdot 60}{NEP \cdot Ea \cdot qa} \quad (7)$$

em que;

Ti – tempo de irrigação, em minutos;

Se – espaçamento entre emissores, em m;

Sf – espaçamento entre linhas laterais, em m;

FL – porcentagem da lâmina definida pelo tratamento, adimensional;

Ea – Eficiência de aplicação, adimensional; e

qa – vazão média de cada gotejador, L h⁻¹.

Nos primeiros 11 dias após o transplântio todos os tratamentos receberam a mesma irrigação, com 100% da ET_{cloc} diária, de modo a garantir um desenvolvimento uniforme das plantas. Após a definição dos tratamentos, as irrigações foram realizadas diariamente de acordo com a ET_{cloc} do dia anterior e ajustada a seu respectivo tratamento, de acordo com a equação 7.

3.5 Função de produção

A produtividade foi obtida através da massa fresca dos frutos de tomate cereja mensurada em balança comercial, sendo a colheita realizada quando os frutos apresentavam coloração ‘verde cana’.

Para obtenção da função de produção foi utilizada a análise de regressão entre a produtividade da cultura e os níveis de água aplicados, ajustada por um modelo polinomial de segunda ordem (HEXEM; HEADY, 1978), de acordo com a equação 8:

$$Y = f(W) = a + b.W - c.W^2 \quad (8)$$

em que,

Y – produtividade comercial da cultura, kg ha⁻¹;

W – lâmina total de água aplicada, mm;

a, b e c – parâmetros da equação.

Com a função ajustada, foi estimada a lâmina de água (W_{máx}) que maximiza a produtividade da cultura, equação 9.

$$W_{máx} = \frac{b}{2c} \quad (9)$$

A receita líquida ou lucro da produção foi obtida com a diferença entre o valor monetário total da produção e dos custos da aplicação de água e do custo fixo do sistema produtivo, incluindo o sistema de irrigação e os tipos de cobertura de solo (FRIZZONE, 2007), equação 10.

$$L(W) = P_y \cdot Y - P_w \cdot W - C \quad (10)$$

em que:

L(W) – lucro, R\$;

P_y – preço do produto, R\$ kg⁻¹;

P_w – preço do fator água, R\$ mm⁻¹;

C- custos dos fatores considerados fixos e variáveis no experimento, R\$ ha⁻¹.

O preço do produto (P_y) foi o preço médio obtido pelos produtores rurais da Serra da Ibiapaba/CE, no período de novembro/2016 a janeiro/2017.

O custo da água, tendo em vista que os custos de aplicação estão incluídos nos custos de produção da cultura, foi considerado igual ao valor da tarifa de energia elétrica, e estimada pela equação 11, conforme sugere Frizzone *et al.* (1994).

$$CE = 0,7457 \times Pot \times Tf \times Pkwh \quad (11)$$

em que:

CE – custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, em R\$;

0,7457 – fator de conversão de cv para kw;

Pot – potência do motor, em cv;

Tf – tempo de funcionamento do sistema necessário para repor a $ET_{C_{loc}}$, em horas, considerando uma área irrigada de 1 ha;

Pkwh – preço do kwh, em R\$.

O preço do kwh foi obtido junto a Enel (Companhia Energética do Ceará), considerando que o sistema funcionava no horário de pico. O preço do milímetro de água (P_w) aplicado ($R\$mm^{-1}$) foi obtido dividindo-se o valor do custo de energia elétrica (R\$) pela lâmina de água aplicada no período, em mm, e somado com o preço do K_2 (tarifa de água praticada no Perímetro de Irrigação Baixo Acaraú, em 2016).

Sob a hipótese de que $L(W)$ tem um máximo e que a água é o único fator variável independente, tem-se a Equação 12.

$$\frac{dL(W)}{dW} = \frac{dY}{dW} P_y - P_w = 0 \quad (12)$$

em que:

$\frac{dY}{dW} P_y$ = valor da produtividade marginal do fator água;

$\frac{dY}{dW}$ = produtividade física marginal do fator água.

A produtividade física marginal (PFMa) do fator variável é o aumento do produto físico, decorrente do emprego de uma unidade adicional do fator variável, sendo expressa pela primeira derivada da função de reposta Y . Reorganizando-se a Equação 12, tem-se a Equação 13:

$$\frac{dY}{dW} = \frac{P_w}{P_y} \quad (13)$$

A Equação 13 mostra o lucro que se maximiza, considerando apenas a água como fator variável, se a derivada primeira do rendimento em relação à lâmina total (produto físico marginal da água) for igual à relação de preços entre o fator e o produto. Desta forma, da equação 8 obtém-se a equação 14.

$$\frac{dY}{dW} = b - 2.c. W = \frac{P_w}{P_y} \quad (14)$$

Da Equação 14, obtém-se a lâmina ótima econômica de água ($W_{ót}$) para as condições específicas.

3.6 Eficiência no uso da água

A eficiência do uso da água foi avaliada por meio da produtividade da água da cultura (PA) estimada pela relação entre o valor da produtividade total (kg ha^{-1}) e as respectivas quantidades de água aplicadas (m^2) em cada tratamento durante o cultivo, de acordo com a equação 15 (COELHO et al., 2005):

$$PA = \frac{Y}{W} \quad (15)$$

em que:

PA – Produtividade da água da cultura, kg m^{-3} ;

Y – produtividade da cultura, kg ha^{-1} ; e

W – lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, m^3 .

E pela produtividade econômica da água (PEA), estimada pela relação entre os valores monetários das produções totais (R\$) e as respectivas quantidades de água aplicadas (m^3) em cada tratamento durante o cultivo, de acordo com a equação 16 (PEREIRA, 2006):

$$PEA = \frac{Y_s}{W_{ót}} \quad (16)$$

em que:

PEA – Produtividade econômica da água, $\text{R\$ m}^{-3}$;

Y_s – valor da produção (R\$)

O valor da produção (Y_s) foi obtido do histórico do Centro de Abastecimento - CEASA de Maracanaú no ano de 2016. Os preços são de atacados.

3.7 Análise econômica do sistema de produção

A primeira etapa para a análise econômica de um sistema de produção foi realizada pelo cálculo do valor agregado e da renda da unidade de produção como um todo, conforme metodologia descrita por Silva Neto (2016). O valor agregado dos sistemas de produção foi obtido pela equação 17:

$$VA = VPB - CI - D \quad (17)$$

em que:

VA – Valor Agregado;

PB – Valor de Produção Bruta (reais);

CI – Consumo intermediário (valor monetário dos bens e serviços, consumidos durante os ciclos de produção, que variam de forma proporcional e não proporcional com a escala);

D – Depreciação de equipamentos e instalações (valor monetário consumido em vários ciclos de produção).

A produção bruta (VPB) foi obtida pelo produto da produtividade do tomate cereja (kg ha^{-1}) pelo preço de venda do produto ($\text{R\$ kg}^{-1}$). Para depreciação foi utilizado o método linear, considerando cinco anos de vida útil, sem valor residual, para os itens financiados, conforme equação 18.

$$D_m = (V_o - V_R) / V_U \quad (18)$$

em que:

D_m – depreciação média;

V_o – valor no momento da aquisição (ano zero);

V_R – valor residual;

V_U – vida útil do equipamento.

A partir do valor agregado para cada sistema, foi calculada a remuneração dos diferentes agentes que participam direta ou indiretamente da produção, incluindo a renda dos agricultores, conforme equação 19:

$$RA = VA - J - S - I \quad (19)$$

em que:

RA – Renda do agricultor;

VA – Valor agregado;

J – Juros pagos aos bancos;

S – Salários pagos a trabalhadores (eventuais ou permanentes);

I – Impostos e taxas pagas ao Estado.

No estudo considerou-se que os custos fixos, proporcional e não proporcional, foram financiados junto ao Banco do Nordeste pela linha de crédito de Investimentos para agroecologia (Pronaf – Agroecologia), simulando-se um contrato com vigência de até 10 anos, taxa de juros de 2,5 % ao ano e sem carência.

A partir do cálculo do valor agregado (VA) e da renda do agricultor (RA) proporcionados pelos sistemas de produção, foram elaborados modelos lineares para descrever os resultados econômicos (valor agregado ou renda) dos sistemas de produção em relação à superfície agrícola útil por unidade de trabalho (SAU/UT)

Assim, dado um modelo linear, $Y = a x + b$, sendo “Y” o resultado econômico (valor agregado ou renda do agricultor), “a” o incremento de resultado econômico por unidade de área, (x) a área ocupada pelo sistema de produção e “b”, as despesas não proporcionais, conforme equação 19:

$$Y = VA/UT \quad (20)$$

$$a = (PB - CI - Dp) / SAU$$

$$b = Dnp / UT$$

ou seja,

$$VA / UT = (VPB - CI - Dp) / SAU - Dnp / UT \quad (21)$$

E para a renda,

$$Y = RA/UT \quad (22)$$

$$a = (VPB - CI - Dp - Jp - Sp - Ip) / SAU$$

$$b = (Dnp + Jnp + Snp + Tnp + Inp) / UTF$$

ou seja,

$$RA/UT = (VPB - CI - Dp - Jp - Sp - Tp - Ip) / SAU - (Dnp + Jnp + Snp + Tnp + Inp) / UTF \quad (23)$$

Em que “Jp” e “Jnp”, indicam, respectivamente, juros proporcionais à escala de produção indicada pela superfície, e juros não proporcionais à escala de produção. O mesmo se aplica para os demais itens acompanhados por “p”(proporcional) ou “np” (não proporcional).

3.8 Análise estatística

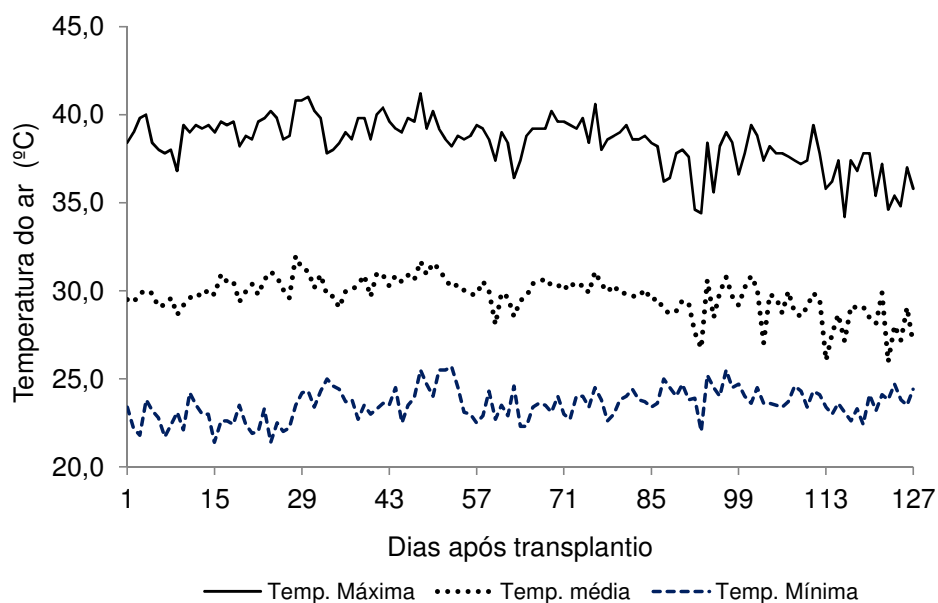
A partir da obtenção dos resultados foi realizada a análise estatística utilizando-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2010), através da análise de variância e quando significativos pelo teste F foi aplicado o teste de Scott Knot para comparação das médias para os tratamentos com as coberturas do solo e análise de regressão para os tratamentos com níveis de irrigação, ambos em nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura do ar

A temperatura do ar durante a condução do experimento variou entre 21,4 e 41,2 °C, com média no período de 23,5; 29,7; e 38,4 °C, correspondente às temperaturas mínimas, médias e máximas, respectivamente, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Temperaturas máxima média e mínima registradas durante a condução do experimento. Pentecoste - CE, 2017



Constatou-se neste experimento que as temperaturas médias e máximas estavam acima da faixa considerada ótima para o desenvolvimento e frutificação da cultura, a qual se situa entre 18,5 e 26,5 °C (KEILLOR, 2008), não obstante Alvarenga (2013) afirmar que o tomateiro tolera variação de temperatura na faixa de 10 a 34 °C.

Quando a temperatura se afasta do ótimo ocorrem estresses nas plantas e como consequência ocorre uma menor liberação e germinação do grão de pólen, queda de flores e frutos e ocorrência de frutos pequenos (FONTES; SILVA, 2005), além do aborto de flores, que normalmente é observado nessas condições, resultando em perdas no rendimento comercial (CANDIAN *et al.*, 2017).

A temperatura elevada ainda pode afetar a fotossíntese, causando modificações em açúcares, flavonóides, ácidos orgânicos, firmeza e atividade antioxidante do fruto (MORETTI *et al.*, 2010).

4.2 Avaliação do sistema de irrigação

O teste de uniformidade realizado no final do ciclo da cultura indicou que a vazão média foi de 3,8 L h⁻¹, portanto com reduzido desvio do valor indicado pelo fabricante (3,75 L h⁻¹).

Os valores obtidos para os coeficientes de uniformidade de Distribuição (CUD), coeficiente Estatístico (CUE) e Coeficiente de variação de fabricação (CVf) foram 92,9; 92,6 e 8,4%, respectivamente; valores estes que de acordo com a ASAE (1994) permitem afirmar que o sistema de irrigação foi bem dimensionado para as condições locais e para a cultura.

4.3 Manejo da irrigação

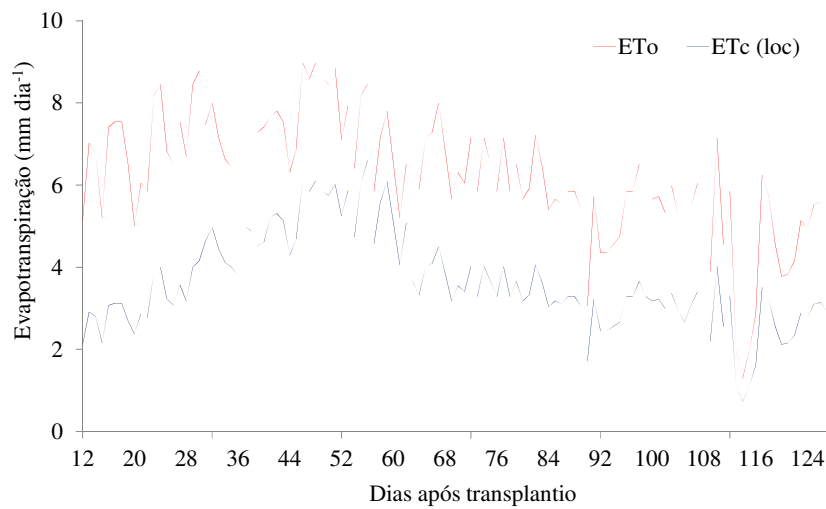
4.3.1 Evapotranspiração

A Figura 6 mostra os valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o) e da evapotranspiração da cultura localizada (ET_{c_{loc}}) determinados ao longo do ciclo de cultivo do tomate com base nos dados coletados no tanque classe A.

A evapotranspiração diária do tomate cereja variou de 0,73 a 6,0 mm dia⁻¹ durante o ciclo fenológico, apresentando pico máximo na fase de floração (30 DAT), com posterior redução até o final do ciclo, fato este decorrente do coeficiente de cultivo, cujo valor na fase de floração é maior (SANTANA *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2009), sendo este o estágio de desenvolvimento da cultura em que a planta requer o máximo consumo por água (FILGUEIRA, 2008). Logo após manifestou uma queda acentuada no mês de janeiro, influenciada provavelmente pelo aumento na nebulosidade.

A pesquisa corrobora com os dados encontrados por Macedo, (2013) que verificou a Evapotranspiração de referência de 7,56 mm dia⁻¹ no município de Pentecoste / Ceará ao avaliar a viabilidade econômica do cultivo irrigado do cajueiro anão.

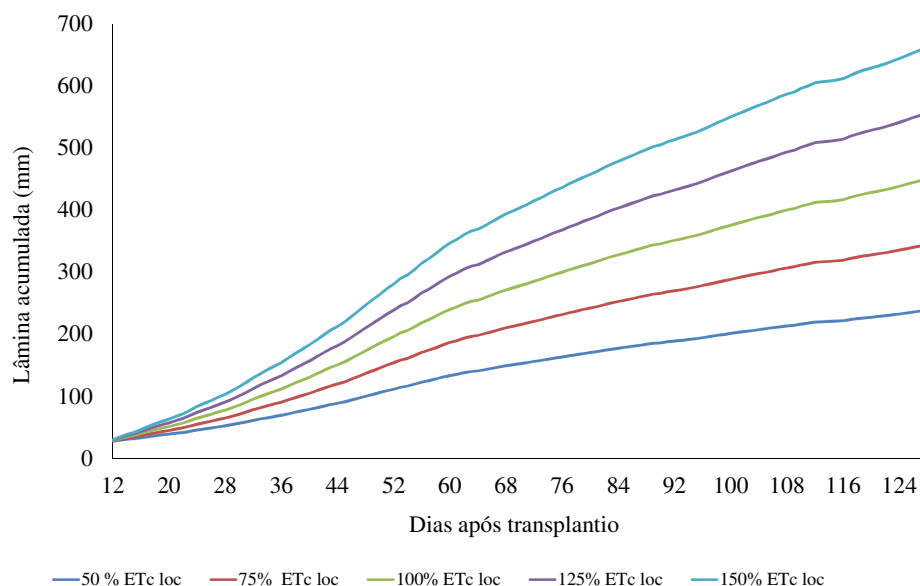
Figura 6 – Evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura localizada (ET_{c loc}) durante o período do experimento. Pentecoste – CE, 2017



4.3.2 Lâminas de água associadas às taxas de reposição

As lâminas de água acumuladas durante o ciclo da cultura foram 211; 316,5; 422; 527,5 e 633,0 mm, correspondentes às taxas de reposição de 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da ET_{c loc}, respectivamente (Figura 7). Estes valores correspondem aos totais de água aplicada após o início da diferenciação dos níveis de irrigação, no entanto antes do início desta diferenciação, aplicou-se um total de 24,1mm.

Figura 7 – Lâmina acumulada no manejo de irrigação com níveis de 50, 75, 100, 125 e 150% da ET_{c loc}. Pentecoste – CE, 2017



Considerando o período entre 12 e 127 DAT do manejo de irrigação foram aplicados diariamente em média 0,91 litros (L1), 1,36 litros (L2), 1,82 litros (L3), 2,27 litros (L4), 2,73 litros (L5) de água por planta, utilizando um sistema de irrigação localizada. Ressalte-se que durante o período experimental não houve precipitação pluvial, de modo que a resposta da cultura em função do insumo água se deu apenas por irrigação.

Silva *et al.* (2013) em estudo com lâminas de irrigação em cultivo protegido de tomate ‘Caline IPA 6’ aplicaram 180, 342, 504, 666 e 828 mm por ciclo, para as taxas de reposição da ETc de 33, 66, 100, 133 e 166%, respectivamente.

4.4 Função de produção

4.4.1 Produtividade comercial

O resumo da análise de variância para a variável resposta produtividade em kg ha⁻¹ demonstra que os fatores lâminas de irrigação e coberturas do solo, além de sua respectiva interação foram significativos em nível de 1% na produtividade da cultura. Observa-se ainda que os dados de produtividade da cultura se ajustaram a um modelo de regressão quadrática aos níveis de irrigação com significância de 1% (Tabela 6).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância e regressão da Produtividade do tomate cereja em função da água e da cobertura do solo. Pentecoste - CE, 2017

| F.V | G. L | Produtividade | | |
|----------------------|------|---------------|---------|----------------|
| | | Teste F | Prob> F | R ² |
| Lâmina (L) | 4 | 271,6 | 0,000 | |
| Cobertura (C) | 2 | 255,2 | 0,000 | |
| L x C | 8 | 25,60 | 0,0001 | |
| Regressão Linear | 1 | 429,6 | 0,000 | 39,54% |
| Regressão Quadrática | 1 | 588,8 | 0,000 | 93,72% |
| Desvio | 1 | 49,3 | 0,000 | |
| CV% (Lâmina) | 3,74 | | | |
| CV% (Cobertura) | 3,44 | | | |

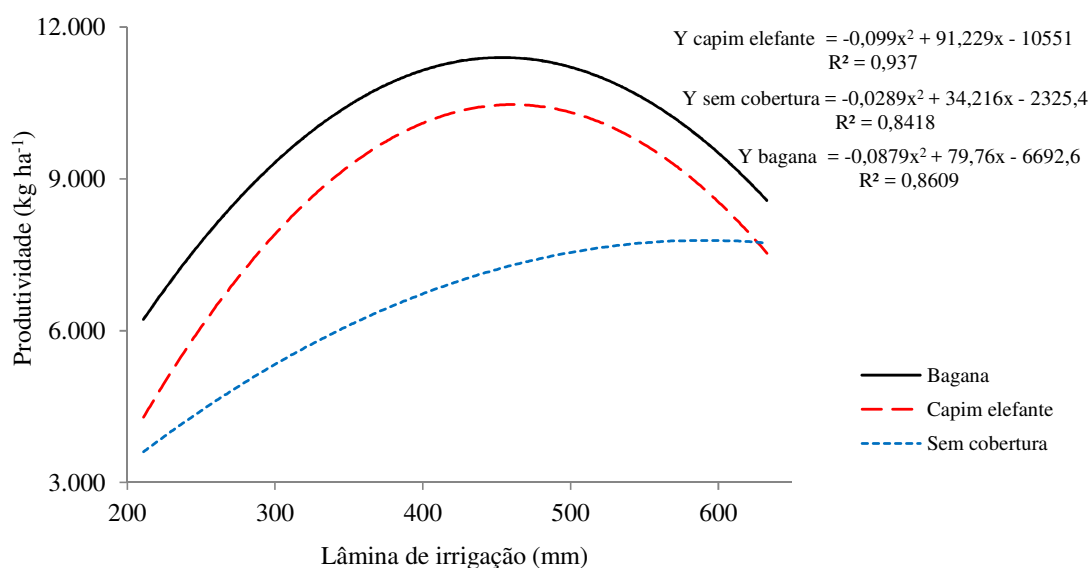
F.V. - Fontes de Variação; G.L. - Graus de Liberdade;

Na Figura 8 são apresentadas as equações de ajuste fator-produto entre produtividade do tomateiro cereja ‘Vermelho’ cultivado em solo com bagana, capim elefante e

solo sem cobertura em função dos diferentes níveis de irrigação, com correlações muito fortes, traduzidas nos valores de coeficientes de determinação superiores a 0,8.

Santana *et al.* (2010) obtiveram o mesmo comportamento quadrático estudando o efeito da taxa de reposição de água no solo sobre a produtividade do tomate.

Figura 8 – Produtividade do tomateiro cereja ‘Vermelho’ cultivado em solo com bagana, capim elefante e solo sem cobertura e submetido a diferentes níveis de irrigação. Pentecoste - CE. UFC, 2017.



Não obstante as curvas se ajustarem a um modelo quadrático verificam-se comportamentos semelhantes para as curvas associadas ao fator cobertura do solo, com maiores rendimentos, seja para as condições de déficit ou de excesso de água, para o tratamento com cobertura de solo à base de bagana de carnaúba.

No estudo da relação fator-produto e tomando-se a produtividade comercial como produto, as lâminas estimadas equivalentes a 454 mm (107% da ETc loc), 461 mm (109% da ETc loc) e 592 mm (140% da ETc loc) proporcionaram as máximas produtividades comerciais, correspondentes a 11401, 10466 e 7802 kg ha⁻¹ de tomate cereja para os fatores bagana de carnaúba, capim elefante e solo sem cobertura, respectivamente.

Marques (2013), analisando lâminas e frequências de irrigação para o tomate grape, observou produtividade de 11233 kg.ha⁻¹ utilizando taxa de reposição de 100 % da ETc loc. Albuquerque Neto e Peil (2012) obtiveram produtividade comercial superior à obtida nesse trabalho, avaliando o rendimento de genótipo do grupo minitomates em cultivo hidropônico, Cereja vermelho, Cereja Yubi e Flavor Top, com rendimento de 14900, 30500 e 15900 kg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, avaliando o genótipo Grape observaram

produtividade de 6700 kg ha⁻¹ semelhante à obtida nessa pesquisa com o tratamento sem cobertura. Supostamente, a ocorrência de temperaturas superiores à faixa ótima para o desenvolvimento da cultura, observada durante o experimento, pode ter influenciado negativamente na produtividade do tomate cereja.

O cultivo em solo coberto com bagana de carnaúba e com capim elefante proporcionou aumentos de 3599 e 2664 kg ha⁻¹ de tomate cereja, em relação ao cultivo na ausência de cobertura. Resultados similares foram obtidos por diversos autores analisando a produtividade das culturas de mamoeiro, tomateiro, alface e repolho, cultivadas em solo com e sem cobertura (SOUSA *et al.*, 2017; CAMPAGNOL *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2011).

Diversos fatores devem ter influenciado de forma conjunta, para tais resultados, dentre eles: menor variação e maior retenção da umidade do solo, formação de ambiente favorável para o desenvolvimento da planta, menor aquecimento e amplitude térmica do solo (FERREIRA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2011; MAROUELLI, *et al.*, 2010; RESENDE *et al.*, 2005).

Do mesmo modo, Mukherjee *et al.* (2010) destacam que a cobertura do solo reduz a população de ervas daninhas, causando uma redução na concorrência por água e nutrientes. Já Orrillo *et al.* (2016) ressaltam que cobertura do solo cria uma barreira física, reduzindo as perdas de água do solo para atmosfera, além de promover uma modificação térmica no solo (ROSSI *et al.*, 2013).

De acordo com a equação de regressão ajustada, a produtividade máxima do tomateiro cultivado em solo sem cobertura foi obtida com uma lâmina de 592 mm, sendo que essa mesma produtividade no cultivo em solo coberto com bagana e com capim elefante correspondeu às lâminas de 252 e 297 mm, respectivamente, resultando em uma economia de água de 57,4 e 49,8%, respectivamente.

Resposta similar foi obtida por Oliveira Neto *et al.* (2011) cultivando beterraba em solo coberto com capim cameroon ou gliricídia, obtendo uma redução de 53% da evapotranspiração, comparado ao cultivo sem cobertura.

4.4.2 Análise econômica da lâmina água

Considerando a hipótese de que $L(W)$ possui um valor máximo, de acordo com a Equação 10, e que a água é o único fator variável. As lâminas de irrigação ótima do ponto de vista econômico foram calculadas igualando-se a expressão do Produto Físico Marginal da

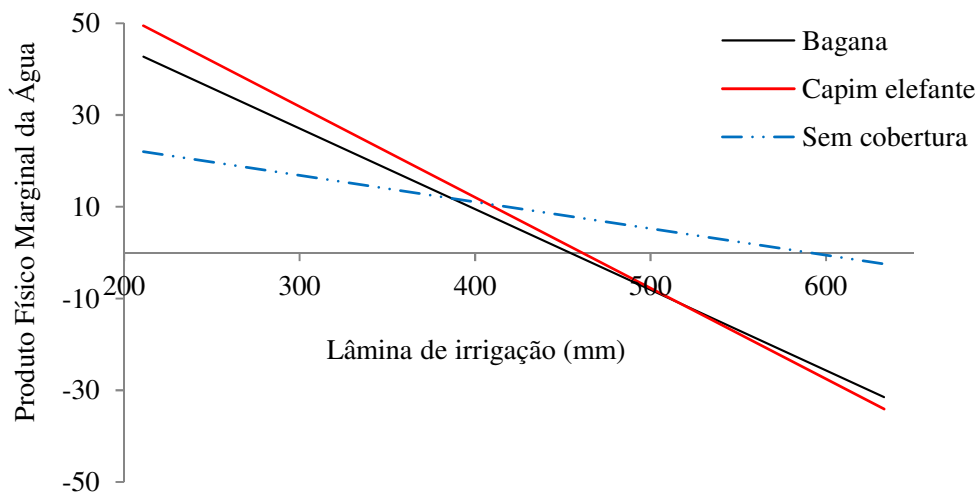
Água (Figura 9) à relação de preços do fator variável água (P_w) e do produto tomate cereja (P_y), conforme equação (24, 25 e 26). (Figura 8).

$$\frac{dY_{bc}}{dW} = -0,1758 w + 79,76 = \frac{P_w}{P_y} \quad (24)$$

$$\frac{dY_{ce}}{dW} = -0,0578 w + 34,216 = \frac{P_w}{P_y} \quad (25)$$

$$\frac{dY_{sc}}{dW} = -0,1980 w + 91,229 = \frac{P_w}{P_y} \quad (26)$$

Figura 9 - Produto físico marginal da água (PFMa) para as diferentes lâminas de irrigação aplicada, em solo com (Bagana de carnaúba e Capim Elefante) e sem cobertura. Pentecoste/CE. UFC, 2017.



Observa-se que o PFMa é inicialmente positivo e diminui de acordo com o aumento das lâminas de água, quando o valor do PFMa atinge o valor zero, correspondente as lâminas 454, 461 e 592 mm, em solo coberto com bagana, capim elefante e sem cobertura, significando que as lâminas aplicadas proporcionaram máxima produtividade física. A partir do ponto em que o PFMa apresenta valor negativo, evidencia-se a queda na produtividade com o aumento das lâminas, indicando ser antieconômico aplicar mais água.

A lâmina ótima para o solo com bagana foi 453 mm (107 % da ET_c loc), gerando uma produtividade de 11400 kg ha⁻¹. Logo para o solo com Capim elefante a lâmina foi 460 mm (92,3% da ET_c loc), resultando em produtividade de 10465 kg ha⁻¹. Já para a condição

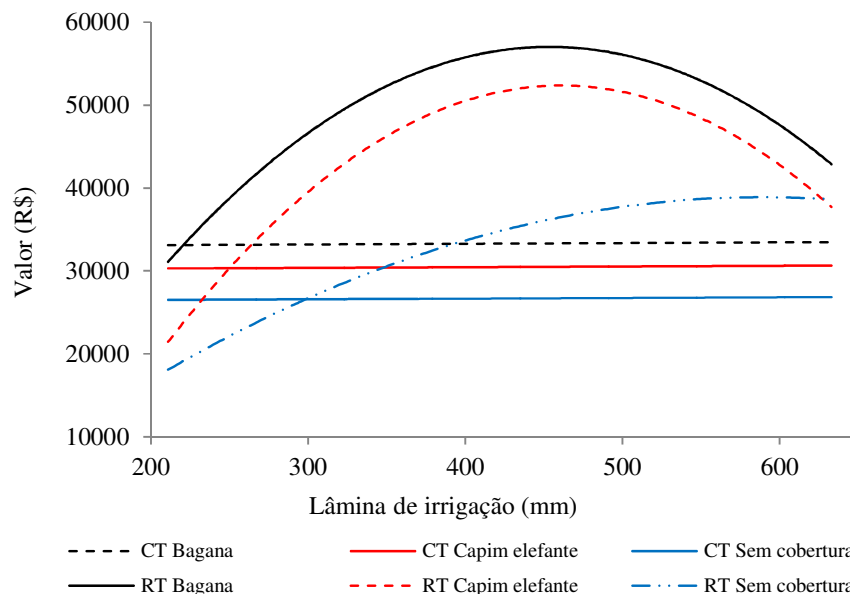
de solo sem cobertura foi 589 mm (140 % da ET_c loc), gerando uma produtividade de 7801 kg ha^{-1} .

Comparando as lâminas ótima econômica e máxima física observam-se valores de produção muito próximos, podendo-se afirmar que a lâmina que maximiza a produção é a mesma que fornece o máximo retorno econômico. Portanto, ao aplicar a lâmina de água que maximize a produção física, esta poderá ser suficiente para alcançar uma produção economicamente viável, evidenciando que o manejo de irrigação deve ser feito de forma a garantir em condições ótimas a necessidade de água da cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Comportamentos semelhantes foram observados por diversos autores, analisando a função de produção para o cultivo da rosa, berinjela, pepino japonês e feijão (OLIVEIRA *et al.*, 2016; BILIBIO *et al.*, 2010; SANTANA *et al.*, 2009).

As proximidades das lâminas ótima econômica e máxima física foram influenciadas pelo alto valor econômico da cultura, baixo custo da água, sobretudo, e a eficiência do sistema de irrigação localizada.

Utilizando a lâmina ótima econômica, foi obtido o lucro de cada cultivo de acordo com a equação 10, sendo considerado o preço do kg do tomate (P_y) no valor de 5,00 reais, os custos dos fatores considerados fixos e variáveis no experimento (C) nos valores de 37.054,65, 34.245,35 e 30.552,00 R\$ ha^{-1} , para coberto com bagana, capim elefante e sem cobertura, respectivamente, e o Preço da água (P_w) no valor de 0,814 R\$ mm^{-1} (Figura 10).

Figura 10 – Custo e valor da produção do tomate cereja em função da lâmina de irrigação para o mês de janeiro de 2017. Pentecoste/ CE, UFC, 2017.



As diferenças entre os custos totais de produção são de forma decrescente, na ordem $BC > CE > SC$, sendo esse resultado influenciado pelo incremento dos insumos cobertura do solo, bagana de carnaúba e capim elefantes, utilizados no cultivo do tomate cereja. Outro fato interessante é a pequena variação na curva do custo total com o aumento da lâmina aplicada, sendo tal fato associado ao preço da água ser muito inferior, quando comparado a outros custos produtivos.

Dessa forma, os lucros obtidos pela produção nos diferentes cultivos estimados em função da lâmina ótima econômica para o mês de janeiro/2017 foram de 19.576,60, 17.705,20 e 7.973,56 R\$ ha⁻¹, para as condições de solo com bagana, com capim elefante e sem cobertura, respectivamente.

4.5 Eficiência no uso da água

4.5.1 Produtividade da água da cultura (PA)

Através dos dados da análise de variância é possível observar que para a variável eficiência do uso da água do tomate cereja, os fatores lâminas de irrigação, cobertura do solo, além da interação destes fatores, obtiveram-se resultados significativos em nível de 1% de probabilidade. Complementarmente, o fator lâminas de irrigação apresentou ajuste significativo em nível de 1% de probabilidade para o modelo de regressão quadrática (Tabela 7).

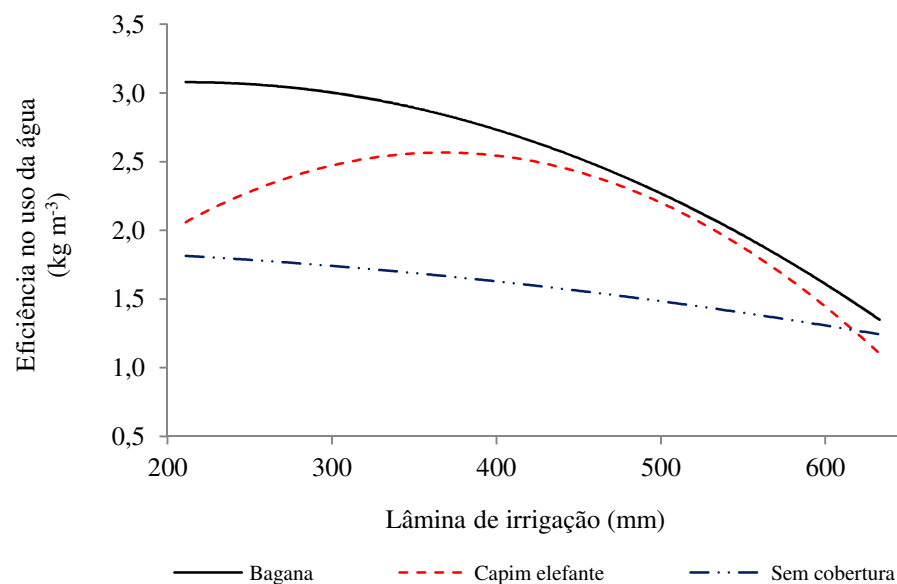
Tabela 7 -Resumo da análise de variância e regressão para a Eficiência do uso da água do tomate cereja em função da água e da cobertura do solo. Pentecoste - CE, 2017

| F.V | G. L | Eficiência | | |
|----------------------|------|------------|-------|----------------|
| | | Teste F | Prob> | R ² |
| Lâmina (L) | 4 | 386,1 | 0,000 | |
| Cobertura (C) | 2 | 491,0 | 0,000 | |
| L x C | 8 | 73,49 | 0,000 | |
| Regressão Linear | 1 | 1152 | 0,000 | 74,63% |
| Regressão Quadrática | 1 | 312,5 | 0,000 | 94,86% |
| Desvio | 1 | 74,15 | 0,000 | |
| CV% (Lâmina) | 6,65 | | | |
| CV% (Cobertura) | 4,37 | | | |

F.V. - Fontes de Variação; G.L. - Graus de Liberdade;

A eficiência de uso de água em função das diferentes lâminas totais de água aplicadas ajustou-se à regressão polinomial de segundo grau, podendo observar que o solo com bagana de carnaúba proporcionou os melhores resultados, correspondendo a $3,06 \text{ kg m}^{-3}$ com a lâmina de 205 mm, seguida do solo com capim elefante e com ausência de cobertura, correspondendo a 2,66 e $1,8 \text{ kg m}^{-3}$ para as lâminas de 380 e 200 mm, respectivamente (Figura 11).

Figura 11 – Eficiência no uso da água para o tomate cereja com diferentes níveis de água e cobertura do solo. Pentecoste/ CE, UFC, 2017



Estes resultados indicam que o cultivo com cobertura, bagana e capim elefante, foram 41 e 32 % mais eficientes no uso de água em relação ao solo sem cobertura, proporcionando maior produtividade de frutos com menor quantidade de água aplicada, em concordância ao relatado por Marouelli *et al.* (2006), que estudaram o efeito do uso da água para produção do tomate processado, em solo coberto com sorgo e sem cobertura.

Marque (2013), em experimento avaliando a PA do tomate grape em função dos níveis da ET_{loc} , obteve valores máximos de $2,518 \text{ kg m}^3$ para $0,75ET_{loc}$ e mínimos de $1,385 \text{ kg m}^3$ para a $1,25ET_{loc}$.

Para Teofilo *et al.* (2012), a PA é a relação entre a produção e o consumo de água, e pode ser melhorada por meio de procedimentos que viabilizem o aumento da produtividade, como o aperfeiçoamento das práticas culturais, manejo de adubação, e principalmente, a adoção de sistemas de irrigação eficientes que minimizem as perdas de água e de técnicas que favoreça

o armazenamento e a infiltração de água no solo e permita a redução da taxa de evaporação. Isso ficou perceptível nesse trabalho quando se observam maiores valores de PA para os tratamentos com o solo coberto com bagana de carnaúba e capim elefante.

A cobertura do solo reduz as perdas de água por evaporação, o que promove um incremento na eficiência do uso da água pelas culturas (TEÓFILO *et al.*, 2012; BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990).

4.5.2 Produtividade econômica da água (PEA)

A produtividade econômica da água utilizando a lâmina que maximiza a produtividade no cultivo do tomateiro com bagana de carnaúba, capim elefante e solo sem cobertura foi de 25,16, 22,75 e 13,24 R\$ m⁻³, respectivamente. Observa-se que o cultivo com bagana de carnaúba e capim elefante, proporcionaram um incremento de 47 e 42 % na PEA tomate cereja em relação ao cultivo sem cobertura.

Pesquisadores trabalhando com as culturas do melão, banana, melancia e mamoeiro obtiveram produtividade econômica da água inferiores ao desta pesquisa de 7,38; 2,44; 11,48 e 4,20 R\$ m⁻³ (BARBOSA *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2011; GARCIA *et al.*, 2007; MONTEIRO *et al.*, 2006).

Os preços para comparara a produtividade da água entres os produtos foram obtidos do histórico do Centro de Abastecimento - CEASA de Maracanaú no ano de 2016. Os preços são de atacados (R\$ m³), pois torna-se difícil mensurar o preço vendido pelos produtores.

Diante de um cenário de crise hídrica, esses resultados demonstram que o tomateiro se mostrou eficiente na produtividade econômica da água, atestando ser uma cultura com alto valor agregado.

4.6 Análise econômica

A primeira etapa da análise econômica do sistema de produção foi realizada por meio do cálculo do valor agregado, sendo os dados levantados a partir dos custos de produção do tomate cereja em solo coberto com bagana de carnaúba, capim elefante e sem cobertura, estimados a partir do nível de irrigação que produziu o máximo retorno econômico, conforme Tabelas 8, 9 e 10, respectivamente.

Os custos intermediários (CI) são compostos pelos insumos que variam de forma proporcional e não proporcional com a escala de produção, dentre estes insumos, alguns itens

são enquadrados no financiado pela linha de investimento Pronaf Agroecologia. A depreciação (D) foi calculada para os itens financiados que variam de forma proporcional e não proporcional com a escala de produção. O valor bruto da produção (VBP) é o valor monetário total.

Tabela 8 – Coeficientes técnicos para produção de 1,0 ha de tomate cereja em solo coberto com Bagana de carnaúba e espaçamento de 1,0 x 0,5. Pentecoste/ CE, 2017

| Especificação | Quant | Unidade | Valor Unit. | Valor Total |
|--|--------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Custos intermediário (CI) | | | | 16.537,06 |
| Proporcional a escala de produção | | | | |
| Composto orgânico | 30 | t | 200,00 | 6.000,00 |
| Sementes | 54 | g | 1,75 | 94,50 |
| Fitolho ouro | 37 | rolo | 20,00 | 740,00 |
| Calda Sulfocáustica (4 vezes) | 45 | Litros | 2,36 | 106,20 |
| Controle c/detergente (8 vezes) | 4500 | Litros | 0,07 | 301,50 |
| Bagana de carnaúba | 27 | t | 245,00 | 6.615,00 |
| Aração e Gradagem | 6 | H/T | 40,00 | 240,00 |
| Custo de irrigação | 454 | mm | 0,81 | 369,56 |
| Itens financiados | | | | |
| Estacas de madeira | 3333 | unid | 2,00 | 6.666,00 |
| Sistema de irrigação | 1 | unid | 8.600,00 | 8.600,00 |
| Fio 16 | 226 | kg | 8,50 | 1.921,00 |
| Parcela do Financiamento | 1 | Parcela | 1.718,70 | 1.718,70 |
| Não proporcional a escala de produção | | | | |
| Itens financiados | | | | |
| Bandeja de 162 células | 160 | Bandeja | 16,35 | 2.616,00 |
| Telhado | 1 | unid | 900,00 | 900,00 |
| Parcela do Financiamento | 1 | Parcela | 351,60 | 351,60 |
| Depreciação anual (D) | | | | 4.140,60 |
| Proporcional a escala de produção | | | | 3.437,40 |
| Não proporcional a escala de produção | | | | 703,20 |
| Valor bruto da produção (VBP) | 11400 | kg | 5 | 57.000,00 |
| VA = VBP - CI - D | | | | 36.322,34 |

Tabela 9 - Coeficientes técnicos para produção de 1,0 ha de tomate cereja em solo coberto com capim elefante, espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Pentecoste/ CE, 2017

| Especificação | Quant | Unidade | Valor Unit. | Valor Total |
|--|--------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Custos intermediário (CI) | | | | 13.727,75 |
| Proporcional a escala de produção | | | | |
| Composto orgânico | 30 | t | 200,00 | 6.000,00 |
| Sementes | 54 | g | 1,75 | 94,50 |

| | | | | |
|---------------------------------------|-------|---------|----------|------------------|
| Fitilho ouro | 37 | rolo | 20,00 | 740,00 |
| Calda Sulfo cáustica (4 vezes) | 45 | Litros | 2,36 | 106,20 |
| Controle c/detergente (8 vezes) | 4500 | Litros | 0,07 | 301,50 |
| Capim elefante | 19 | t | 200,00 | 3.800,00 |
| Aração e Gradagem | 6 | H/T | 40,00 | 240,00 |
| Custo de irrigação | 461 | mm | 0,81 | 375,25 |
| Itens financiados | | | | |
| Estacas de madeira | 3333 | unid | 2,00 | 6.666,00 |
| Sistema de irrigação | 1 | unid | 8.600,00 | 8.600,00 |
| Fio 16 | 226 | kg | 8,50 | 1.921,00 |
| Parcela do Financiamento | 1 | Parcela | 1.718,70 | 1.718,70 |
| Não proporcional a escala de produção | | | | |
| Itens financiados | | | | |
| Bandeja de 162 células | 160 | Bandeja | 16,35 | 2.616,00 |
| Telhado | 1 | unid | 900,00 | 900,00 |
| Parcela do Financiamento | 1 | Parcela | 351,60 | 351,60 |
| Depreciação anual (D) | | | | 4.140,60 |
| Proporcional a escala de produção | | | | 3.437,40 |
| Não proporcional a escala de produção | | | | 703,20 |
| Valor produção (VP) | 10465 | kg | 5 | 52.325,00 |
| VA = VPB - CI - D | | | | 34.456,65 |

Tabela 10 – Coeficientes técnicos para produção de 1,0 ha de tomate cereja em solo sem cobertura, espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Pentecoste/ CE, 2017

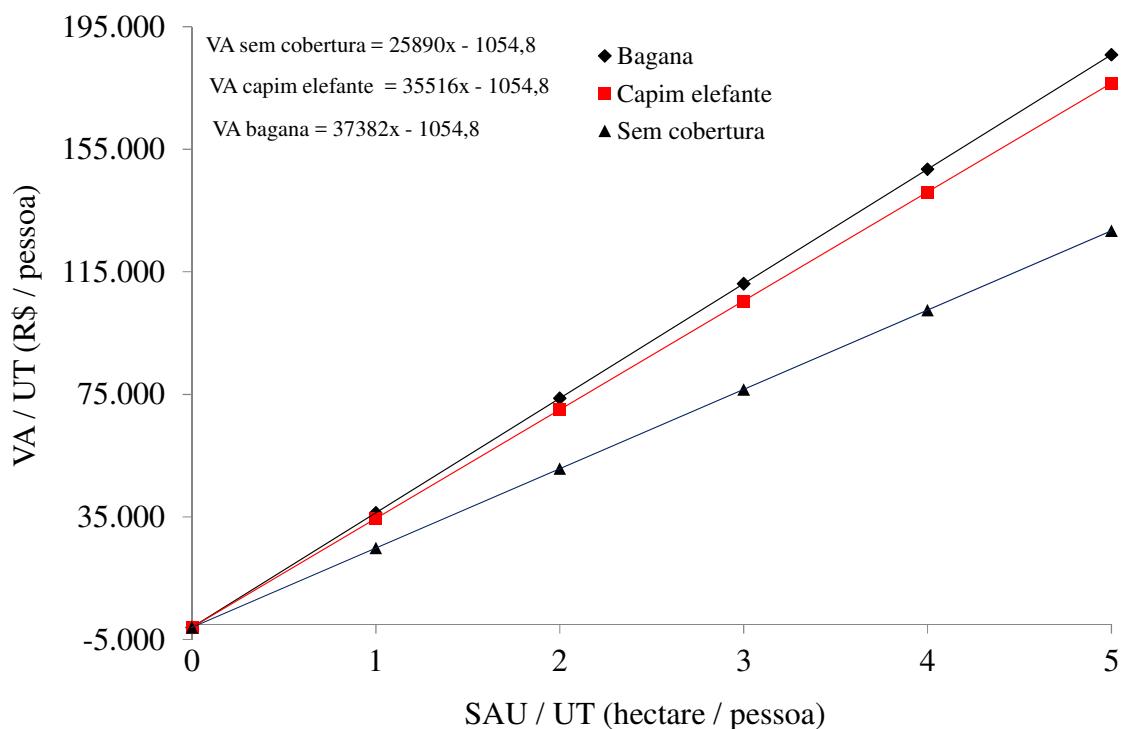
| Especificação | Quant | Unidade | Valor Unit. | Valor Total |
|--|--------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Custos intermediário (CI) | | | | 10.034,39 |
| Proporcional a escala de produção | | | | |
| Composto orgânico | 30 | t | 200,00 | 6.000,00 |
| Sementes | 54 | g | 1,75 | 94,50 |
| Fitilho ouro | 37 | rolo | 20,00 | 740,00 |
| Calda Sulfo cáustica (4 vezes) | 45 | Litros | 2,36 | 106,20 |
| Controle c/detergente (8 vezes) | 4500 | Litros | 0,07 | 301,50 |
| Aração e Gradagem | 6 | H/T | 40,00 | 240,00 |
| Custo de irrigação | 592 | mm | 0,81 | 481,89 |
| Itens financiados | | | | |
| Estacas de madeira | 3333 | unid | 2,00 | 6.666,00 |
| Sistema de irrigação | 1 | unid | 8.600,00 | 8.600,00 |
| Fio 16 | 226 | kg | 8,50 | 1.921,00 |
| Parcela do Financiamento | 1 | Parcela | 1.718,70 | 1.718,70 |
| Não proporcional a escala de produção | | | | |
| Itens financiados | | | | |
| Bandeja de 162 células | 160 | Bandeja | 16,35 | 2.616,00 |
| Telhado | 1 | unid | 900,00 | 900,00 |

| | | | | |
|---------------------------------------|------|---------|--------|------------------|
| Parcela do Financiamento | 1 | Parcela | 351,60 | 351,60 |
| Depreciação anual (D) | | | | 4.140,60 |
| Proporcional a escala de produção | | | | 3.437,40 |
| Não proporcional a escala de produção | | | | 703,20 |
| Valor produção (VP) | 7801 | kg | 5 | 39.005,00 |
| VA = VBP - CI - D | | | | 24.830,01 |

A depreciação foi determinada de acordo com a equação 17, considerando os itens financiados com uma vida útil de cinco anos e depreciação de cada período constante, baseando-se, portanto no Método Linear.

A partir do cálculo do valor agregado (VA) relativos aos sistemas de produção foram elaborados modelos lineares ($VA = ax + b$) que descreveram a variação do valor agregado dos sistemas de produção em relação à superfície agrícola útil por unidade de trabalho (SAU/UT), sendo (VA) o valor agregado, (a) a contribuição marginal por unidade de área equivalente e (b) as despesas não proporcionais (Figura 12).

Figura 12 – Valor agregado de produção do sistema cultivado com bagana, capim elefante e sem cobertura. Pentecoste - CE, 2017



Os custos da produção que não variam de forma proporcional e contínua com a escala, são iguais para os três cultivos, no valor de R\$ 1.054,80. O cultivo com bagana proporcionou um maior valor agregado (R\$ 36.322,34) por unidade de área, seguindo-se dos valores agregados relativos ao solo coberto com capim elefante (R\$ 34.456,65) e sem cobertura

(R\$ 24.830,01). A diferenciação nos resultados tem como base a variação na produtividade dos sistemas de cultivo.

De acordo com Silva Neto (2016), a partir do valor agregado é possível medir a capacidade de geração de riqueza para a propriedade, sendo um importante indicador para comparação de resultados econômicos.

A partir da determinação do valor agregado, para cada sistema de produção foram determinados a remuneração dos diferentes agentes que participam direta ou indiretamente da produção, incluindo os juros do financiamento do Pronaf Agroecologia (Tabela 11), custo de mão de obra (Tabela 12), tarifa paga ao Estado (I) e a renda dos agricultores (Tabela 13).

Tabela 11 – Juros pagos à agente financiador em relação a créditos de investimentos do Pronaf Agroecologia

| Especificação | Bagana | Capim elefante | Sem cobertura |
|-----------------|-----------|----------------|---------------|
| Investimento p | 17.187,00 | 17.187,00 | 17.187,00 |
| Investimento Np | 3.516,00 | 3.516,00 | 3.516,00 |
| Juros p** | 255,00 | 255,00 | 255,00 |
| Juros np** | 52,20 | 52,20 | 52,20 |

* São materiais que podem ser financiados pelo Bando do Nordeste, a sigla “n” significa que o investimento varia de acordo com a escala de produção e o a letra np significa que o investimento não varia com a escala de produção.
 ** Os juros foram calculados utilizando a planilha Pronaf do Banco do Nordeste para 10 anos para o valor de R\$ 3.702,00, ou seja, média de R\$ 255,00 para juros p (proporcional a escala de produção) e de R\$ 552,20 para os juros np (não proporcional a escala de produção).

Tabela 12 – Custo de mão de obra, referente ao cultivo de 1,0 ha de tomate cereja

| Descrição dos serviços | Quant | Unid. | Valor Unit. | Valor Total |
|------------------------------|-------|-------|-------------|-------------|
| Semeadura | 6 | D/H | 25,00 | 150,00 |
| Desbaste | 2 | D/H | 40,00 | 80,00 |
| Adubação de plantio | 8 | D/H | 40,00 | 320,00 |
| Preparo de solo (canteiros) | 12 | D/H | 40,00 | 480,00 |
| Manejo de irrigação | 60 | D/H | 40,00 | 2.400,00 |
| Transplântio/replântio | 9 | D/H | 40,00 | 360,00 |
| Adubação de cobertura | 18 | D/H | 40,00 | 720,00 |
| Tutoramento | 50 | D/H | 40,00 | 2.000,00 |
| Amarrio, desbrota e desponte | 112 | D/H | 40,00 | 4.480,00 |
| Capinas | 10 | D/H | 40,00 | 400,00 |
| Pulverizações | 27 | D/H | 40,00 | 1.080,00 |
| Colheitas | 90 | D/H | 40,00 | 3.600,00 |
| Total | | | | 16.070,00 |

Para a cultura do tomateiro é gerado por hectare/ano entre cinco e seis empregos diretos e o mesmo número de empregos indiretos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2017b). Portanto, para o cálculo do salário pago aos trabalhadores (S) foi

levado em consideração que a cultura foi conduzida pelo agricultor e por quatro trabalhadores pagos.

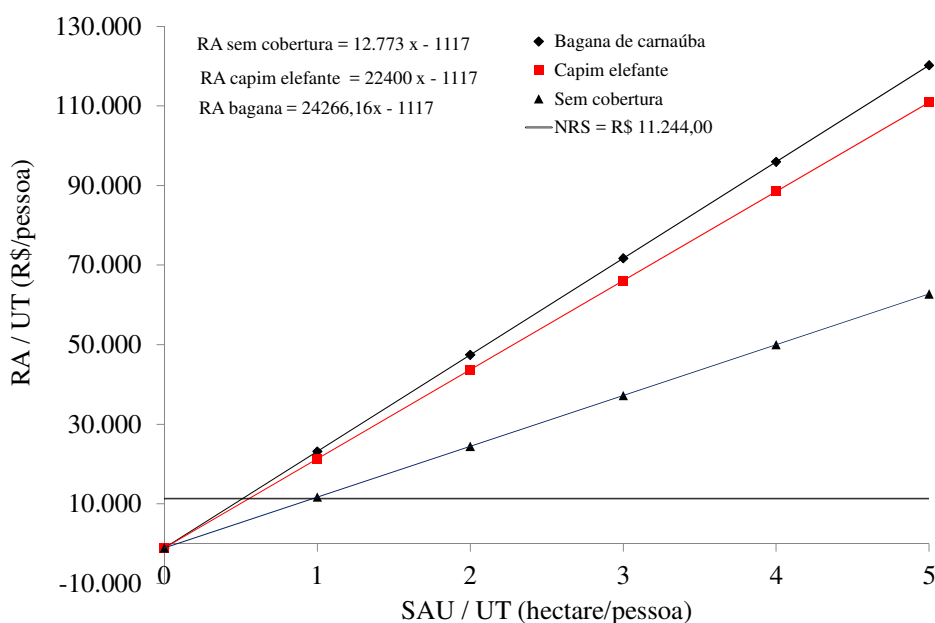
Tabela 14 – Parâmetros utilizados para cálculo da renda do agricultor (RA) em solo com (Bagana de carnaúba – BC, Capim Elefante - CE) e sem (SC) cobertura para 1,0 ha de produção de tomate cereja.

| Especificação | Bagana | Capim elefante | Sem cobertura |
|--------------------------------------|-----------|----------------|---------------|
| Valor agregado (VA) | 36.322,34 | 34.456,65 | 24.830,01 |
| Juros (J) | 307,20 | 307,20 | 307,20 |
| Imposto da terra (I) | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Salários pagos aos trabalhadores (S) | 12.856,00 | 12.856,00 | 12.856,00 |
| Renda do Agricultor (RA) | 23.149,14 | 21.283,45 | 11.656,81 |

A partir do cálculo da renda do agricultor (RA) proporcionada pelos sistemas de produção foram elaborados modelos lineares ($VA = ax + b$) que descreveram a variação da renda dos sistemas de produção em relação à superfície agrícola útil por unidade de trabalho (SAU/UT), sendo (RA) a renda do agricultor; (a), a contribuição marginal da renda em relação a área e (b), as despesas que não variam com a escala necessária para implantação do sistema de produção.

A partir dos modelos de renda foi determinada a superfície agrícola útil mínima para que a unidade de produção proporcionasse uma renda igual ou maior do que o nível de reprodução social (NRS) baseado no salário mínimo, no valor de R\$ 937,00 (Figura 13).

Figura 13 – Renda do agricultor (RA) em solo com (Bagana de carnaúba, Capim Elefante) e sem cobertura para 1,0 ha de produção de tomate cereja. Pentecoste/ CE, 2017.



Observa-se na Figura 12 que o cultivo em solo coberto com bagana ultrapassa NRS com 0,51ha, no entanto para as condições de solo com cobertura de capim elefante e sem cobertura, estes sistemas necessitam de 0,55 e 0,97 ha, respectivamente, para superar o NRS.

Segundo Silva Neto (2016), quanto menor a despesa não proporcional por pessoa necessária para implantar um sistema de produção (coeficiente - b) e maior a contribuição marginal em relação à área (coeficiente - a), menor será a superfície agrícola útil por pessoa para que cada trabalhador da família possa receber uma renda suficiente para a sua manutenção. O autor cita ainda que os modelos da renda do agricultor permitem uma análise da produção por meio da renda

5 CONCLUSÃO

Para as condições em que a pesquisa foi realizada e considerando os níveis de produtividade obtidos, conclui-se que:

1. Uma área mínima de 0,5ha é necessária para garantir renda suficiente à manutenção de cada trabalhador da família;
2. A bagana de carnaúba demonstrou grande potencial como cobertura morta para minimizar a queda no rendimento da cultura de tomate cereja em condições de estratégia de irrigação com déficit.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; PEIL, R. M. N. Produtividade biológica de genótipos de tomateiro em sistema hidropônico no outono/inverno. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p.613-619, 2012.
- ALBUQUERQUE, C. G; MONTENEGRO, S. M. G. L; MONTENEGRO, A. A. A; FONTES JÚNIOR, R. V. P. Recarga de aquífero aluvial sob uso agrícola. **Águas Subterrâneas**, v 29, p.60-71, 2015.
- ALMEIDA, DENICE; KLAUBERG FILHO, OSMAR; FELIPE, A. F; ALMEIDA, H. C. Carbono, nitrogênio e fósforo microbiano do solo sob diferentes coberturas em pomar de produção orgânica de maçã no sul do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1069-1077, 2012.
- ALVARENGA, M. A. R. **Origem, botânica e descrição da planta**. In: TOMATE. Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013. 455p.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Viçosa: Editora UFV, 2004. 302 p.
- ARAÚJO, L; SILVA, KATCHEN JULLIANY PEREIRA; LEMOS, LORENA MOREIRA CARVALHO; MILAGRES, CARLA DO CARMO; CARDOSO, DEISE SILVA CASTRO PIMENTEL; ALVES, LEONARDO CORRÊA; PEREIRA, PAULO ROBERTO GOMES. Tomate cereja cultivado em diferentes concentrações de solução nutritiva no sistema hidropônico capilar. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 15, n. 1, jan, 2013.
- ARAÚJO, T. V. O; LIMA, A. D; MARINHO, A. B; DUARTE, J. M. L; AZEVEDO, B. M; COSTA, SOLERNE CAMINHA. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, abr-jun, 2012.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers. Design and installation of microirrigation system. **St. Joseph: ASAE**, p.724-727,1994.
- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso da água. **Bahia Agríc.**, v.7, n.1, p.57-60, 2005.
- BARBOSA, F. E. L.; LACERDA, C.F.; AMORIM, A.V.; COSTA, R. N. T.; SILVA, J. A.; HERNANDEZ, F. F. F. Production and economic viability of banana managed with cover crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1078-1082, Dec. 2016 .
- BERNARDO, S. Irrigação e Produtividade. In: Faria, M. A.; Silva, E. L.; Vilela, L. A. A.; Silva, A.M. (eds.) Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: **XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, p.117-132, 1998.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 665 p.

BILIBIO, C. CARVALHO, J. A. MARTINS, M. REZENDE, F. C. FREITAS, W. A.; GOMES, L. A. A. Função de produção da berinjela irrigada em ambiente protegido. **Irriga**, v.15, p.10-22, 2010.

BRITO, L. T. L.; SILVA, A. S. ; PORTO, E. R. **Disponibilidade de água e gestão dos recursos hídricos**. In: Luiza Teixeira de Lima Brito; Magna Soelma Beserra de Moura; Gislene Feitosa Brito Gama. (Org.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. 1ed. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007, v. 1, p. 15-32.

CAMPAGNOL, R.; ABRAHÃO, C.; MELLO, S. C.; OVIEDO, V. R. S.; MINAMI, K. Impactos do nível de irrigação e da cobertura do solo na cultura do tomateiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n.3, p. 345-357, jul-set, 2014.

CARVALHO, J. F; MONTENEGRO, A. A. A; SOARES, TALEM; ÊNIO F. F. E SILVA; MONTENEGRO, S. M. G. L. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.15, n.3, p.256–263, 2011.

CEARÁ. Portal Hidrológico do Ceará - **Volume armazenado dos reservatórios**. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acesso em: 10 julho 2017.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, S. L. DE; COELHO FILHO, M. A. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água**. Bahia Agrícola, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57–60, set. 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA A SECA. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/>>. Acesso em: 9 julho 2017.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da irrigação no rendimento das culturas**. FAO 33: irrigação e drenagem, Tradução: GHEYI, H.R., SOUZA, A.A., MEDEIROS, J.F. Campina Grande: Universidade Federal de Paraíba. 1994. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ce>>. Acesso em: 11 julho 2017a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tomate/arvore/CONT000fa2qor2t02wx5eo01xezlsahwp84z.html>>. Acesso em: 29 de agosto 2017b.

ESTEVES, B. S. *et al.* **Irrigação por gotejamento**. Niterói: Programa Rio Rural, 2012. 18 p.; Programa Rio Rural. Manual Técnico; 32.

EVANS, R. G; SADLER, E J. Methods and technologies to improve efficiency of water use. **Waterresourcesresearch**, vol. 44, w00e04, jul, 2008.

FERGUSON, C.E. **Teoria micro-econômica**. 11 ed. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1988. 609 p.

FERREIRA, D. F. 2010. SISVAR - **Sistemas de análises estatísticas**. Versão 5.3. Lavras: Departamento de Ciências Exatas, UFLA.

FERREIRA, I. C. P. V.; ARAUJO, A. V.; NASCIMENTO, A. L.; CAVALCANTE, T. F. M.; SANTOS, L. D. T. Cobertura morta e adubação orgânica na produção de alface e supressão de plantas daninhas. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 60, n.4, p. 582-588, jul/ago, 2013.

FILGUEIRA, F. A. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna para a produção de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.

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

FREITAS, P. S. L. FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C. SEDIYAMA, C. G; COSTA, L. C. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação de água do solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2004.

FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. 1986. 133 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP. 1993. 42p.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Planejamento de irrigação: Análise de decisão e investimentos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 626p.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, jul. 1994.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da Irrigação com Uso de Técnicas de Otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.1, n.1, p.24-49. 2007.

GALLON, J. F; G, ISAIAS; BASEGGIO, N; OLIVEIRA, FLÁVIO GOMES; MENEGOTTO, M. L. A. **Irrigação por Gotejamento: Uso da Água com Tecnologia para a Produção**. In: I Simpósio Internacional de Inovação em Cadeias Produtivas do Agronegócio, 2015, Caxias do Sul. Irrigação por Gotejamento: Uso da Água com Tecnologia para a Produção, 2015.

GARCIA, F. C. H.; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. N. S. Níveis de irrigação no comportamento produtivo do mamoeiro Formosa na Chapada do Apodi, CE. **Revista Agrônômica**, Fortaleza, v.38, n.2, p.136-141. 2007.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C. **Clima e época de plantio**. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. de B. (Ed.). Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. p. 18-21.

HEXEM, R. W.; HEADY, E. O. **Water production functions for irrigated agriculture**. Ames, Iowa: The Iowa University Press, 215p. 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>>. Acesso em: 11 julho 2017.

JUNQUEIRA, A. H; PEETZ, M. S; ONODA, S. M. **SweetGrape: um modelo de inovação na gestão da cadeia produção e distribuição de hortaliças diferenciadas no Brasil**, 2011. Disponível em: <http://www.organicsnet.com.br/wp-content/uploads/sweet_grape>. Acesso em: 08 julho 2017.

FERREIRA, D. F. 2010. **SISVAR - Sistemas de análises estatísticas**. Versão 5.3. Lavras: Departamento de Ciências Exatas, UFLA.

KEILLOR, G. **Plant characteristics and physiology**. In: JONES, J. B. *Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden*. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 55- 78.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. California: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

KOETZ, M. MASCA, M. G. C. C; CARNEIRO, L. C; RAGAGNIN, V. A; SENA JÚNIOR, D. G; GOMES FILHO, R. R. Caracterização agrônômica e brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no Sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, CE, v.4, n.1, p.14–22, 2010.

MACÊDO, M. L. **Viabilidade econômica do cultivo irrigado do cajueiro anão precoce na agricultura familiar**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, CE.

MARQUES, M. A. D. **Lâminas e frequências de irrigação para a cultura do tomateiro tipo grape, em Casa Nova, BA**. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro, BA.

MAIA, J. T. L. S.; MAIA, J. T. L. S; CLEMENTE, J. M.; SOUZA, N. H; SILVA, J. O. MARTINEZ, H. E. P. Adubação orgânica em tomateiros do grupo cereja. **Biotemas**, Montes Claro, v. 26, n.1, p. 37 - 44, mar 2013.

MANTOVANI, E. C. MONTES, D. R. P. VIEIRA, G. H. S; RAMOS, M. M; SOARES, A. A. Estimativa de produtividade da cultura do feijão irrigado em cristalina-go, para diferentes lâminas de irrigação como função da uniformidade de aplicação. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.1, p.110-120, jan./fev. 2012.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. 3. Ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 355 p.

MAPA - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/09/mercado-brasileiro-de-organicos-deve-movimentar-rs-2-bi-em-2016>>. Acesso em: 28 julho 2016.

MARINHO, A. B.; **Respostas dos mamoeiros cultivar Golden e do híbrido Uenf/Caliman01 sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio**. 2007. 139 f. Tese

(Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2007.

MARQUELLI, W. A. SILVA, H. R; SILVA, W. L. C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 3 - 4 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57).

MARQUELLI, W. A. ABDALLA, R. P; MADEIRA, N. R; OLIVEIRA, A. S; SOUZA, R. F. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.4, p.369-375, abr. 2010.

MARQUELLI, W. A. MEDEIROS, M. A; SOUZA, R. F. de; RESENDE, F. V. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, jul.- set. 2011.

MARQUELLI, W. A. SILVA; H. R; MADEIRA, N. R. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1399-1404, 2006.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p.342-346. 2006.

MARQUELLI, W.A. e SILVA, W.L.C. Tensões-limite de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 17p. (**Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças**, 37), 2008.

MARQUES, M. A. D. **Lâminas e frequências de irrigação para a cultura do tomateiro tipo grape, em Casa Nova, BA**. 2013. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro, BA.

MENESES, N. B. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 123-129, abr - jun, 2016.

MERRIAN, J. L; KELLER, J. **Irrigation system evaluation**. A Guide for Management. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

MONTEIRO, R.O.C.; COLARES, D.S.; COSTA, R.N.T.; LEÃO, M.C.S; AGUIAR, J.V. Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v 24, p455-459, 2006.

MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M.; CALBO, A. G.; SARGENT, S. A. Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: a review. **Food Research International**. v.43, p.1824-1832, 2010.

MUKHERJEE, A; KUNDU, M; SARKAR, S. Role of irrigation and mulch on yield, evapotranspiration rate and water use pattern of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Agricultural Water Management**, 98, p 182-189, set, 2010.

NAIKA, S.; JEUDE, J. V.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; DAM, B. V. A cultura do tomate produção, processamento e comercialização. 1. ed. **Wageningen: Fundação Agromisa e CTA**, 2006. 104p.

OLIVEIRA NETO, D. H.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B; GUERRA, J. G. M.; CEDDIA, M. B. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v. 29, p. 330-334, 2011.

OLIVEIRA, E. C. FUNÇÃO DE PRODUÇÃO PARA A ROSEIRA CULTIVADA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRADA. **Engenharia na agricultura**, viçosa, v.24, n.6, nov / dez, 2016.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. A.; SILVA, W. D.; REZENDE, F. C.; GOMES, L. A. A; JESUS, M.C.N. Análise produtiva e econômica do pepino japonês submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.7, p.702-708, 2011.

OLIVEIRA, P. G. F.; MOREIRA, O. C.; BRANCO, L. M. C.; COSTA, R. N. T.; DIAS, C. N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 153-158, set. 2012 .

OLIVEIRA, P. G. F; MOREIRA, O. C; BRANCO, L. M. C; COSTA, R, N. T; DIAS, C. N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.153–158, 2012.

ORRILLO, H. M; ARAUJO, W. F; RODRIGUEZ, C. A; LOZANO, R. M. B; SAKAZAKI, R. T; VARGAS, A. R. P. Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado em cerrado. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 352-364, mai- jun, 2016.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Uberlândia, v. 4, n. 3, set-dez. 2000.

PEREIRA, L.S. Relating water productivity and crop evapotranspiration. In: Water Use Efficiency and Water Productivity. **Options Méditerranéennes** (in press). 2006

PRICE, A. J. DUZY, L. M; BALKCOM, K. S; KELTON, J. A. KORNECKI, T. S. SARUNAITE, L. Organic Weed Control and Cover Crop Residue Integration Impacts on Weed Control, Quality, Yield and Economics in Conservation Tillage Tomato-A Case Study, Organic Farming - A Promising Way of Food Production, Dr. Petr Konvalina (Ed.), **InTech**, 2016.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L; AZEVEDO, C. A.V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v. 13, n. 3, p. 289-296. 2009.

RESENDE, F. V.; SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 100-105, jan./fev. 2005.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: **Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem**, 48. UFPB, 1992. 117p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5.a aproximação**. Viçosa - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ROSSI, C. Q. Pereira, M. G; Giácomo, S. G; Betta, M; Polidoro, J. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1523-1534, jul./ago. 2013.

SANTANA, M. J. Vieira, T. A. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 443-454, 2010.

Santana; M. J;Carvalho, J. A; Andrade, M. J. B; Gervásio, G. G; Braga, J. C; Lepri, E. B; Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 532-538, mar./abr. 2009.

SANTANA, M.J.; PEREIRA, U.C.; BEIRIGO, J.D.C; SOUZA, S.S.; CAMPOS, T.L.; VIEIRA, T.A. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.1, p.11-20, 2011.

SANTOS, D. B. MEDEIROS, S. S; SANTOS, D. B; GHEYI, H. R; BRITO, L. T. L; **Captação de água de chuva para fins agropecuários no semiárido**. In: INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012a. Cap. 4, p.74-98.

SANTOS, S. SESPÍNDOLA; J. A; GUERRA, J. G. M; LEAL, M. A. A; RIBEIRO, R. L. D; Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, jul- set. 2012b.

SCHALLENBERGER, E; REBELO, J. Â; MAUCH, C. R; , TERNES, M; PEGORARO, , R. A. Comportamento de plantas de tomateiros no sistema orgânico de produção em abrigos de cultivo com telas antiinsetos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.7, n.1, p. 23-29, 2008.

SEDIYAMA, M. A. N; SANTOS, I. C; LIMA, P. C.Cultivo de hortaliças no sistema. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 829-837, nov/dez, 2014.

SENADO FEDERAL. Escassez de água: cada gota é preciosa. **Revista em Discussão**, ano 5, n. 23, dez, 2014.

SHIKLOMANOV, I. A. SHIKLOMANOV, A. I. LAMMERS, R. B. PETERSON, B. J. VOROSMARTY, C. J. **The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean**. In: LEWIS, E. L. *et al.* (Ed.) .The Freshwater Budget of the Arctic Ocean. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.281-96, 2000.

SILVA NETO, B. **Objetivos e Aspectos Metodológicos dos Estudos Municipais**. In: Silva Neto, B.; Basso, D. (Org.). Sistemas agrários do Rio Grande do Sul: análise e recomendações políticas. Ijuí: Ed. Unijuí, 2005. p. 159-163.

SILVA NETO, B; DEZEN, M; SANTOS, P. E. O conceito de reprodução social na análise de unidades de produção agropecuária. **Teoria e Evidência Econômica** - Ano 15, n. 32, p. 87-108, jan./jun. 2009.

SILVA NETO, B. **Sistemas de produção e agroecologia**. Cerro Largo: Universidade Federal da Fronteira Sul, 2016. 84 p.

SILVA, J. M; MELO, A. S; DUTRA, A. F; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1. p. 40-46, 2013.

SILVA, J. M.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.40-46, Campina Grande, PB, 2013.

SILVA, P. A. M. *et. al.* Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1266-1271, jul./ago., 2008.

SILVEIRA, R. N. C. M. **Aquífero aluvionar como suporte à irrigação na bacia hidrográfica do Rio Curu, Ceará**. 2014. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SOUSA, P. R; SOUSA. J. P. F; SOUSA, A. M; COSTA, R. N. T. Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n. 1, p. 1201-1212, 2017.

SOUZA, J. L. **Sistema orgânico de produção de tomate**. In: Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. Tomate. Vitória, ES: Incaper, 2010, p. 35 – 67.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A.; PEREIRA BRAZ, A. J. B. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.577-582, 2006.

SUASSUNA, J; AUDRY, P. **A Salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino: Caracterização, variação sazonal e limitações de uso**, Recife: CNPq, 1995. 128p.

TAMISIO, L. G. **Desempenho de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sob sistemas orgânicos em cultivo protegido.** 2005. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia) Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, mar, 2005.

TEOFILO, T. M. S. FREITAS, F. C. L. MEDEIROS, J. F. FERNANDES, D. GRANGEIRO, L. C. TOMAZ, H. V. Q; RODRIGUES, A. P. M. S. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 547-556, 2012.

VIEIRA, D. A. P; CARDOSO, K. C. R; DOURADO, K. K. F; MÁRCIO CALIARI, SOARES JÚNIOR, M. S. Qualidade física e química de mini-tomates SweetGrape produzidos em cultivo orgânico e convencional. **Revista Verde**, (Pombal - PB - Brasil), v 9. , n. 3 , p. 100 -108, jul-set, 2014.

VALIATI, I. SANTOS, R. F; ROSA, H. A; WAZILEWSKI, W. T; CHAVES, L. I. GASPARIN, E. Eficiência da irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 1, n. 2, p. 53-66, 2012.