



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

JOSÉ AGLODUALDO HOLANDA CAVALCANTE JÚNIOR

**FREQUÊNCIA DE FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA NO MELOEIRO E
DISTRIBUIÇÃO DE K_2O COM DIFERENTES INJETORES E IDADE DE
UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

FORTALEZA - CE

2013

JOSÉ AGLODUALDO HOLANDA CAVALCANTE JÚNIOR

FREQUÊNCIA DE FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA NO MELOEIRO E
DISTRIBUIÇÃO DE K_2O COM DIFERENTES INJETORES E IDADE DE
UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Benito Moreira de Azevedo

FORTALEZA - CE

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- C364f Cavalcante Júnior, José Aglodualdo Holanda.
Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro e distribuição de K₂O com diferentes injetores e idade de utilização do sistema de irrigação / José Aglodualdo Holanda Cavalcante Júnior. – 2013.
82 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.
Orientação: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.
1. Melão – Irrigação. 2. Irrigação por gotejamento. 3. Plantas – Efeito do potássio. 4. Irrigação agrícola. I. Título.

JOSÉ AGLODUALDO HOLANDA CAVALCANTE JÚNIOR

**FREQUÊNCIA DE FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA NO MELOEIRO E
DISTRIBUIÇÃO DE K₂O COM DIFERENTES INJETORES E IDADE DE
UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Juan Manzano Juárez (Conselheiro)
Universidad Politécnica de Valencia

Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros Figueredo Júnior (Conselheiro)
Universidade Estadual do Piauí

Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Conselheiro)
Pesquisador PNPd/CAPES/UFC

Prof. Dr. Renato Silvio da Frota Ribeiro (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará

Os preceitos do Senhor são retos e
alegram o coração; o mandamento
do Senhor é puro e ilumina os olhos.
Sl 19. 8.

Aos meus pais José Aglodualdo e Rute de Freitas, às minhas queridas irmãs Rafaela e Lorena e ao meu avô Sinval Pires (*in memoriam*), pelo amor, pelas palavras de incentivo e orações dispensadas.

DEDICO

À minha formosa esposa Lígia Cavalcante pelo amor sempre a mim dedicado.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, o único digno de receber toda honra e glória;

Ao grande amigo e orientador, Prof. Benito, pelo ensino, apoio e dedicação prestados antes, durante e depois da realização deste trabalho;

Ao Prof. Juan Manzano pela contribuição e observações que propiciaram a melhoria desta tese;

Ao Prof. Luís Gonzaga pela prestatividade e auxílio dado sempre que necessário;

A minha amiga, Dra. Denise Vieira, pela colaboração e sugestões, amizade, convívio e companheirismo;

Ao Dr. Geocleber Gomes pelo seu profissionalismo exemplar, pelo apoio na condução deste trabalho e pela sua amizade;

Ao amigo e conselheiro, Prof. Renato Silvio pela colaboração e sugestões apresentadas a esta tese;

Aos professores do PPGEA e do Departamento de Engenharia Agrícola, pela ajuda na elaboração deste trabalho, consideração e conhecimentos transmitidos;

À minha família, incluindo sogra, cunhados, tios, tias e primos pelas orações, palavras de incentivo e encorajamento para a conclusão deste curso;

Ao amigo Joaquim (Neto Paraguai) e a sua família pelo acolhimento e pela inestimável ajuda durante as atividades de campo e na condução do experimento;

Aos amigos do Curso de Doutorado: Alan Diniz Lima, Alexandre Reuber Almeida da Silva, André Henrique Pinheiro Albuquerque, André Rufino Campelo, Daniel Rodrigues Cavalcante Feitosa (Soneca), Fabrício Mota Gonçalves, José Bruno Rêgo de Mesquita, Mário de Oliveira Rebouças, e aos amigos do Curso de Mestrado Christlene Nojosa Dias e Thiago de Oliveira Mesquita;

Ao meu amigo Newdmar Fernandes, meus sinceros agradecimentos, pelo apoio dado para a minha aprovação no concurso público federal e na condução do experimento;

Ao meu amigo Paulo de Cairo, que desde a graduação me deu força e incentivo para o meu sucesso;

Aos meus irmãos da Igreja Presbiteriana Emanuel, em especial ao Pr. Marcius Tibérius, pelas orações e ensinamentos bíblicos de encorajamento para a conclusão do curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos durante todo o período;

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo financiamento para a execução do trabalho;

Enfim, a todos os demais que contribuíram para o sucesso na conclusão desse curso.

RESUMO

CAVALCANTE JÚNIOR, José Aglodualdo Holanda, Universidade Federal do Ceará. Janeiro, 2013. **Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro e distribuição de K_2O com diferentes injetores e idade de utilização do sistema de irrigação.** Orientador: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo. Conselheiros: Prof. Dr. Juan Manzano Juárez, Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros Figueredo Júnior, Dr. Geocleber Gomes de Sousa e Prof. Dr. Renato Silvio da Frota Ribeiro.

É fundamental, para um bom manejo da quimigação, que o sistema de irrigação apresente uma boa uniformidade de distribuição de água de irrigação. Uma das alternativas para o uso dessa técnica é o uso de um injetor para aplicar os nutrientes na tubulação de irrigação. O presente trabalho foi conduzido em três experimentos distintos. Na primeira etapa da pesquisa (Experimento 01), objetivou-se comparar a uniformidade de distribuição do potássio na área por um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando diferentes tipos de injetores. Na segunda etapa (Experimento 02), foi avaliado o comportamento da uniformidade de distribuição de potássio em diferentes idades de utilização do sistema de irrigação. Na terceira e última etapa (Experimento 03), foram avaliados os efeitos da frequência de fertirrigação potássica nas variáveis de produção do meloeiro amarelo Canarian Kobayashi. Os experimentos foram conduzidos no sítio Paraguai, município de Cruz, localizado na região Norte do estado do Ceará. O delineamento do experimento 01 foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos, sendo cada tratamento colocado no campo individualmente, contendo cinco repetições. Os tratamentos utilizados foram: dois injetores Venturi (regulável e não regulável, uma bomba centrífuga e um tanque pressurizado). O teor de potássio contido nas amostras coletadas foi estimado via fotometria de chama. No experimento 02 foi utilizado o injetor Venturi (não regulável) para a injeção da calda fertilizante e utilizou a mesma metodologia empregada no experimento 01 para a estimativa do teor de potássio. Para o experimento fertirrigação potássica no meloeiro, o delineamento foi em blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos correspondentes às frequências de fertirrigação potássica foram: duas (2F); quatro (4F); oito (8F); dezesseis (16F); trinta e duas (32F) e sessenta e quatro (64F) fertirrigações durante o ciclo da cultura, sendo avaliados: produtividade comercial (PC); massa dos frutos (MF); diâmetros polar (DP) e equatorial (DE); espessura da casca (EC); teor de sólidos solúveis (SS) e firmeza da polpa (FP). No experimento 01, concluiu-se que o tipo de injetor utilizado na fertirrigação exerce influência significativa na uniformidade de aplicação do potássio pelo sistema de irrigação, com os maiores tempos de injeção proporcionando uma maior uniformidade de distribuição do potássio. No experimento 02, a uniformidade de aplicação do fertilizante foi afetada negativamente após o sistema de irrigação apresentar um ano de uso sem uma manutenção adequada. As diferentes frequências de fertirrigação potássica ao longo do ciclo de cultivo do meloeiro amarelo, experimento 03, afetaram significativamente a massa dos frutos, a produtividade comercial e o teor de sólidos solúveis, entretanto, não exerceu essa mesma influência para as variáveis: diâmetros polar e equatorial, espessuras da casca e da polpa e firmeza da polpa. A receita líquida do produtor foi influenciada pelas diferentes frequências de fertirrigações potássicas, tendo o tratamento de 64 fertirrigações maximizado a receita líquida do produtor.

Palavras-chave: *Cucumis melo L.*, manejo da fertirrigação, quimigação, gotejamento.

ABSTRACT

CAVALCANTE JÚNIOR, José Aglodualdo Holanda, Universidade Federal do Ceará. January, 2013. **Frequency of muskmelon in fertigation potassium and distribution of K_2O with different injectors and age of use of the irrigation system.** Advisor: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo. Directors: Prof. Dr. Juan Manzano Juárez, Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros Figueredo Júnior, Dr. Geocleber Gomes de Sousa e Prof. Dr. Renato Silvio da Frota Ribeiro.

It is fundamental to good management of chemigation, the irrigation system has a good distribution uniformity of irrigation water. An alternative to the use of this technique requires that the irrigation system is endowed with a gun to apply the nutrients in irrigation pipe. The study was conducted in three stages. In the first stage of research, experiment 1 aimed to: compare the uniformity of distribution of potassium in the area by a drip irrigation system, using different types of injectors. In the second step, experiment 2 was to evaluate the uniformity of distribution of potassium in different age of use of the irrigation system. In the third and final stage, Experiment 3, we evaluated the effects of potassium fertigation frequency in variable production of melon yellow Canarian Kobayashi. The experiments were conducted at the site Paraguay Cruz municipality, located in the northern state of Ceará. The experimental design used in the experiment using different types of injectors was completely randomized (CRD) with four treatments, each treatment individually placed in the field, with five repetitions. The treatments were: two injectors Venturi, a centrifugal pump and a tank pressurized. O potassium content contained in the samples was estimated via a flame photometry. In experiment 02 was used the injector Venturi (not-adjustable) for injecting fertilizer and lime has used the same methodology used in the experiment 01 for the estimation of potassium. For the experiment frequency of muskmelon in fertigation potassium, the design was a randomized block design with six treatments and four replications. The treatments corresponding to the frequencies of fertigation potassium were two (2F), four (4F), eight (8F); sixteen (16F); thirty two (32F) and sixty-four (64F) fertigation during the crop cycle being evaluated marketable yield (PC); fruit weight (MF); polar diameters (DP) and equatorial (DE), shell thickness (EC), soluble solids (SS) and firmness (FP). In experiment 1, it was concluded that the type of injector used in fertigation has significant influence on the uniformity of application of potassium through the irrigation system. The largest fertilizer injection times provide greater uniformity of distribution of potassium. In experiment 2, the uniform application of fertilizer was negatively affected after the irrigation system has a year without proper maintenance. The different frequencies of potassium fertigation along cycle yellow melon cultivation significantly affected the fruit weight, commercial yield and soluble solids content, though not exert the same influence for the variables: polar and equatorial diameters, thickness of the shell and and pulp firmness. Net revenue producer was influenced by the different frequencies of potassium fertigation, treatment 64 fertigations maximized net revenue producer.

Keywords: *Cucumis melo L*, management of fertigation, chemigation, drip.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da área experimental, Cruz, Ceará, 2010.....	28
Figura 2	Híbrido de meloeiro amarelo (<i>Cucumis melo</i> L.) Canarian Kobayashi, Cruz, Ceará, 2010.....	30
Figura 3	Desmatamento da área experimental, Cruz, Ceará, 2010.....	31
Figura 4	Incorporação da matéria orgânica, Cruz, Ceará, 2010.....	31
Figura 5	Área experimental sistematizada, Cruz, Ceará, 2010.....	32
Figura 6	Ilustração do plantio do melão na área de estudo, Cruz, Ceará, 2010.....	33
Figura 7	Ilustração das sementes de melão na cova de plantio, Cruz, Ceará, 2010.....	33
Figura 8	Visualização do cabeçal de controle, Cruz, Ceará, 2010.....	35
Figura 9	Detalhe do gotejador integrado na linha lateral de irrigação, Cruz, Ceará, 2010.....	36
Figura 10	Layout da área experimental para os diferentes tipos de injetores, Cruz, Ceará, 2010.....	37
Figura 11	Layout do experimento, detalhando os 16 pontos selecionados e suas repetições, Cruz, Ceará, 2010.....	38
Figura 12	Identificação da condutividade elétrica da água de irrigação, Cruz, Ceará, 2010.....	38
Figura 13	Coleta e medida do volume da solução, Cruz, Ceará, 2010.....	39
Figura 14	Recipientes contendo solução para análise, Cruz, Ceará, 2010.....	40
Figura 15	Visualização do Espectrofotômetro de chama, Fortaleza, Ceará, 2010.....	41
Figura 16	Diluição das amostras em água destilada, Fortaleza, Ceará, 2010.....	41
Figura 17	Análises da concentração de potássio das amostras, Fortaleza, Ceará, 2010.....	42
Figura 18	Delineamento experimental, Cruz, Ceará, 2010.....	44
Figura 19	Pesagem dos frutos (A), medição da firmeza da polpa (B), dos diâmetros equatorial (C) e polar (D) e das espessuras da polpa (E) e da casca (F) dos frutos de meloeiro amarelo, Cruz, Ceará, 2011.....	47
Figura 20	Massa dos frutos (MF) do meloeiro amarelo em função da frequência de fertirrigação potássica, Cruz, Ceará, 2010.....	62
Figura 21	Produtividade comercial (PC) do meloeiro amarelo em função da frequência de fertirrigação potássica, Cruz, Ceará, 2010.....	63

Figura 22	Sólidos solúveis (SS) dos frutos do melão, para diferentes frequências de fertirrigação potássica, Cruz, Ceará, 2010.....	66
Figura 23	Receita líquida do meloeiro amarelo em função da frequência da fertirrigação potássica (2, 4, 8, 16, 32 e 64 fertirrigações), Cruz, Ceará, 2010	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características físicas e químicas do solo da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm.....	29
Tabela 2	Características químicas da água usada na irrigação.....	29
Tabela 3	Aplicação de inseticidas e fungicidas no meloeiro, Cruz, Ceará, 2010.....	34
Tabela 4	Fertirrigações durante o ciclo da cultura	44
Tabela 5	Distribuição semanal da aplicação dos nutrientes via fertirrigação, Cruz, Ceará, 2010.....	46
Tabela 6	Análise de variância dos CUC da água de irrigação, Cruz, Ceará, 2011	49
Tabela 7	Análise de variância dos CUC da distribuição de potássio, Cruz, Ceará, 2011	49
Tabela 8	Valores médios dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC, %) da água de irrigação e do potássio utilizando quatro injetores, volume de calda e tempo de injeção do fertilizante, Cruz, Ceará, 2011.....	50
Tabela 9	Análise de variância dos CUC da água de irrigação, Cruz, Ceará, 2011	55
Tabela 10	Análise de variância dos CUC da distribuição de potássio, Cruz, Ceará, 2011	55
Tabela 11	Valores médios dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC, %) da água de irrigação e do potássio para os diferentes injetores, volumes de calda e tempos de injeção do fertilizante, na segunda coleta, Cruz, Ceará, 2011	55
Tabela 12	Valores médios dos CUC da água e do potássio, para o injetor Venturi A para diferentes tempos de uso do sistema de irrigação, Cruz, Ceará, 2011.....	58
Tabela 13	Análise de variância da massa dos frutos (MF), produtividade comercial (PC) e teor de sólidos solúveis (SS) do meloeiro amarelo em função de diferentes frequências de fertirrigação com potássio, Cruz, Ceará, 2010	61
Tabela 14	Valores da análise de variância para diâmetro polar (DP), diâmetro equatorial (DE), espessura da polpa (EP), espessura da casca (EC) e firmeza da polpa (FP) em função de diferentes frequências de fertirrigação do potássio, Cruz, Ceará, 2010	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	HIPÓTESES	17
3	OBJETIVOS	17
3.1	Objetivos gerais	17
3.2	Objetivos específicos	17
4	REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1	A cultura do melão	18
4.1.1	<i>Origem e características da cultura</i>	18
4.1.2	<i>Importância econômica</i>	19
4.2	Quimigação	20
4.2.1	<i>Manejo da Fertirrigação</i>	20
4.3	Injetores	22
4.3.1	<i>Bombas Injetoras</i>	23
4.3.2	<i>Venturi</i>	24
4.3.3	<i>Bomba centrífuga</i>	25
4.3.4	<i>Tanque pressurizado</i>	25
4.4	Adubação potássica	26
5	MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1	Localização dos experimentos	28
5.2	Clima da região	28
5.3	Solo e água da área experimental	29
5.4	Cultura	30
5.5	Preparo da área	30
5.6	Plantio	32
5.7	Tratos culturais	32
5.8	Colheita dos frutos	34
5.9	Sistema de irrigação	34
5.10	Descrição dos Experimentos	36
5.10.1	<i>Experimento I: Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes tipos de injetores</i>	36
5.10.1.1	<i>Análise estatística</i>	43

5.10.2	<i>Experimento II: Uniformidade de distribuição de potássio com diferentes idades de utilização do sistema de irrigação</i>	43
5.10.3	<i>Experimento III: Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro</i>	43
5.10.3.1	Manejo da fertirrigação	45
5.10.3.2	Variáveis analisadas	46
5.10.3.3	Análise estatística	47
5.10.3.4	Análise econômica	47
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
6.1	Experimento I: Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes tipos de injetores	49
6.2	Experimento II: Uniformidade de distribuição de potássio com diferentes idades de utilização do sistema de irrigação	58
6.3	Experimento III: Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro	61
6.3.1	<i>Análise econômica</i>	70
7	CONCLUSÕES	72
7.1	Experimento I: Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes tipos de injetores	72
7.2	Experimento II: Uniformidade de distribuição de potássio com diferentes idades de utilização do sistema de irrigação	72
7.3	Experimento III: Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro	72
8	RECOMENDAÇÕES	73
	REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

A cultura do melão (*Cucumis melo* L.) na região Nordeste é uma das olerícolas que apresenta maior expressão social e econômica, e os estados da Região que se destacam como maiores produtores são: Rio Grande do Norte e Ceará. Isso é possível por possuírem uma das características que é a condição climática favorável da região semiárida, com alta luminosidade e baixos índices de pluviosidade (exceto no período de janeiro a maio, estação das “chuvas”), associada ao uso da irrigação localizada e a técnica da quimigação.

Os solos predominantes no cultivo do melão na região Nordeste são arenosos, caracterizados por apresentarem baixa capacidade de retenção de água, baixo teor de matéria orgânica, sujeitos a excessiva lixiviação e à deficiência de N, K, Ca, Mg e B (MAGALHÃES, 1988). Dentre os nutrientes citados, o K é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes, haja vista sua influência nas características qualitativas, pois é indispensável para a formação e o amadurecimento dos frutos e para o aumento da textura dos mesmos.

A quimigação é conhecida como a aplicação de produtos químicos e/ou biológicos via água de irrigação. A fertirrigação, um ramo da quimigação, é descrita como sendo o processo de aplicação combinada de água e fertilizantes. Essa prática responde às necessidades agrícolas e pode ser adaptável aos diferentes planos de irrigação em todos os sistemas de irrigação pressurizados, sejam eles fixos ou móveis.

Para a fertirrigação, o sistema de irrigação localizada, especialmente por gotejamento, tem sido o mais recomendado, dada a sua característica de aplicação pontual de água junto à zona de concentração das raízes das plantas, obedecendo às exigências da cultura, de acordo com as fases de seu ciclo (LOPEZ, 2001).

As maiores empresas de projetos agrícolas têm se preocupado, nos projetos de irrigação, em dimensionar bombas injetoras de alta capacidade de vazão para as mais diversas situações durante o ano agrícola, nas quais há a necessidade do sistema de irrigação ser usado somente como meio de levar produtos químicos às plantas, e não como forma de suprir a demanda hídrica das culturas, principalmente considerando períodos com precipitação excessiva.

Uma tomada de decisão errônea na escolha do injetor pode prejudicar completamente a prática da quimigação. Critérios básicos sugeridos por Pizarro (1996) podem facilitar a escolha de um injetor: preço, fonte de energia, possibilidade de automação,

capacidade do sistema e comportamento temporal da concentração da solução durante o tempo de aplicação.

Os métodos de injeção podem ser classificados em dois grupos: os que utilizam energia hidráulica proveniente do próprio sistema de irrigação e aqueles que utilizam uma fonte de energia externa (TESTEZLAF; MATSURA, 2002). Ainda, segundo esses autores, esses dois grupos estão subdivididos em algumas outras categorias, de acordo com seu princípio de funcionamento. Frizzone *et al.* (1994) indicam que os equipamentos injetores podem operar com pressão efetiva negativa, destacando-se os injetores Venturi; pressão efetiva positiva – bombas injetoras; ou ainda fazendo uso do diferencial de pressão na rede, como o tanque de derivação de fluxo. É importante salientar que, apesar de existirem vários tipos de sistemas de injeção, eles não são de uso universal, ou seja, cada um tem a sua especificidade, a depender do sistema de irrigação, do produto a ser aplicado e, principalmente, da habilidade da pessoa responsável pelo manuseio do equipamento de injeção.

Diversas pesquisas experimentais têm sido desenvolvidas com o objetivo de se obter informações técnicas a respeito do funcionamento dos injetores, mas ainda se carece de ferramentas, para avaliar o desempenho de injetores de fertilizantes sob as mais diversas condições de operação e configurações geométricas desses equipamentos.

Em virtude disto, geralmente são utilizados dados de catálogos comerciais de injetores para se projetar e operar os sistemas de aplicação de fertilizantes. Porém, as capacidades de sucção apresentadas nesses catálogos normalmente se referem à água pura; logo, como neste tipo de técnica as soluções de produtos químicos utilizadas apresentam, em geral, densidades superiores a da água usada para irrigação, as taxas de aplicação de fertilizantes podem ser significativamente reduzidas em campo, caso a diferença de densidade não seja levada em consideração no dimensionamento do injetor.

O principal parâmetro de avaliação do desempenho de sistemas de irrigação é a uniformidade da distribuição de água, e quando se pretende aplicar produtos químicos junto com a água de irrigação, essa uniformidade de distribuição se torna ainda mais importante. Seja na aplicação convencional, seja em quimigação, a uniformidade de distribuição do produto é fundamental para o sucesso da aplicação.

2 HIPÓTESES

O emprego de diferentes tipos de injetores, no manejo da fertirrigação, afetará a uniformidade de distribuição da água de irrigação e de potássio em um sistema de irrigação por gotejamento, em condições de campo.

O tempo de uso do sistema de irrigação influenciará na uniformidade de distribuição da água de irrigação e de potássio.

A utilização de diferentes frequências de fertirrigação potássica, por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, influenciará nas variáveis de produção da cultura do meloeiro amarelo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

Na primeira etapa a pesquisa objetivou comparar a uniformidade de distribuição da água e de potássio em um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando diferentes tipos de injetores em condições de campo.

Em uma segunda etapa, objetivou-se avaliar o comportamento da uniformidade de distribuição da água e de potássio com diferentes idades de utilização do sistema de irrigação.

E na terceira etapa a pesquisa objetivou avaliar os efeitos da frequência de fertirrigação potássica nas variáveis de produção do meloeiro.

3.2 Objetivos específicos

Comparar a uniformidade de aplicação de água e de potássio pelo coeficiente de Christiansen em um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando diferentes tipos de injetores: Venturi A, Venturi B, bomba centrífuga e tanque de pressurizado.

Comparar a uniformidade de aplicação de água e de potássio pelo coeficiente de Christiansen em um sistema de irrigação por gotejamento com diferentes idades de utilização do sistema de irrigação: sistema novo, após seis meses e após um ano de uso.

Avaliar a influência da frequência de fertirrigação potássica na produção (produtividade comercial, massa dos frutos, diâmetros polar e equatorial, espessuras da casca e da polpa) e na qualidade (teor de sólidos solúveis e firmeza da polpa) do meloeiro amarelo.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura do melão

4.1.1 Origem e características da cultura

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma espécie polimórfica pertencente à família das Cucurbitáceas. É uma planta anual, herbácea, rasteira, de haste sarmentosa, apresenta sistema radicular com crescimento abundante nos primeiros 0,3 m de profundidade do solo, e suas folhas são de tamanho e forma variados. Quanto à presença de flores, as plantas podem ser monóicas, ginóicas ou, na sua maioria, andromonóicas (presença de flores masculinas e hermafroditas). Os frutos são bastante variados, tanto com relação ao tamanho, que podem ter de 0,1 a 5,0 kg, como no formato, podendo ser achatado, redondo ou cilíndrico (ALBUQUERQUE JR, 2003).

Não se sabe ao certo se o melão é originário da África ou da Índia. Sabe-se, contudo, que o melão, era cultivado na Europa e na Ásia desde os primórdios da Era Cristã. Com efeito, não obstante, grande parte dos autores considera que a forma selvagem ancestral do meloeiro é originária da África (AKASHI *et al.*, 2001; WHITAKER; DAVIS, 1962).

Hoje, encontram-se cultivares de melão em diversas regiões do mundo, desde os países mediterrâneos, centro e leste da Ásia, sul e centro da América e também no centro e o sul da África. Esta amplitude de regiões de cultivo é consequência da grande variabilidade genética que tem permitido a adaptação de diferentes tipos de melão em condições agronômicas diversas, de tal maneira que, atualmente, podem-se encontrar, em todos os mercados do mundo, melões com diferentes cores, formatos e aromas (DEULOFEU, 1997).

No Brasil, há registro da presença do meloeiro desde o século XVI, provavelmente trazido pelos escravos. Por volta de 1960, essa cultura foi reintroduzida no Brasil pelos imigrantes europeus, iniciando, de fato, a expansão pelas regiões Sul e Sudeste, e ganhando maior importância comercial na década de 1980, quando seu cultivo expandiu-se por várias localidades, como São Paulo, Pará e estados do Nordeste. Ultimamente, está sendo cultivado em larga escala nos polos agrícolas de Assú, Mossoró e Baraúnas, no Rio Grande do Norte, Vale do Jaguaribe no Ceará e submédio São Francisco (NUNES *et al.*, 2006).

A cultura é estabelecida principalmente através de semeadura direta, gastando-se em média de 11 a 17 mil sementes por hectare, dependendo do espaçamento adotado e da capacidade de germinação das sementes. Geralmente, semeia-se uma ou duas sementes por cova, a uma profundidade de 2 a 3 cm. No entanto, quando se utiliza sementes híbridas, emprega-se apenas uma semente devido ao elevado custo e ao alto percentual de germinação

(COSTA, 2012). Também se utilizam mudas de melão preparadas em bandejas de diversos materiais, porém estas são mais utilizadas nas regiões onde a temperatura é mais amena, ou seja, onde o clima não é favorável à produção de melão.

A planta adapta-se melhor aos climas quentes e secos, requerendo irrigação para suprir sua demanda hídrica. Em temperaturas abaixo de 13°C, o crescimento da planta é reduzido, enquanto que temperaturas entre 20° e 30°C são favoráveis ao desenvolvimento e à produtividade da cultura (SILVA *et al.*, 2000). Para Souza (2006), a temperatura é considerada o fator climático que mais influencia na produção e qualidade do melão. Regiões de alta luminosidade, baixos índices pluviométricos durante a maior parte do ano, baixa umidade relativa e altas temperaturas permitem produzir melão quase o ano inteiro, com frutos de excelente qualidade (FILGUEIRA, 2000; GURGEL *et al.*, 2000).

O meloeiro se adapta bem à maioria dos solos, embora seja recomendado não se plantar em áreas que foram cultivadas com cucurbitáceas, devido ao risco de propagação de doenças. Os solos devem ser ricos em matéria orgânica, profundos, de textura média e com pH na faixa de 6,4 a 7,2, e deve ser preparado de forma a permitir boa drenagem e bom desenvolvimento radicular (ANJOS *et al.*, 2003).

A necessidade hídrica da cultura varia de 300 a 550 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas, ciclo da cultivar e sistema de irrigação (MAROUELLI *et al.*, 2003). O excesso de umidade do solo causado por chuvas ou manejo inadequado da irrigação favorece a proliferação e a disseminação de doenças na cultura, afetando negativamente a qualidade dos frutos. Os melões produzidos sob excesso ou déficit de água são de qualidade inferior, geralmente com baixo teor de sólidos solúveis, devido à queda de folhas causada por doenças (SILVA; COSTA; CARRIJO, 2003).

4.1.2 Importância econômica

A cultura do melão, apesar de ser uma olerícola, está classificada atualmente como a oitava fruta mais produzida mundialmente. A China é o país com maior produção (13.652.590 toneladas), atingindo 34 % da produção mundial, seguida pela Turquia, Irã, Estados Unidos e Espanha. Esses países contribuem com mais de 60% da produção mundial (FAO, 2012).

O Brasil destaca-se como o maior produtor de melão da América do Sul, com (53,3%) da produção desse continente. Embora o Brasil ocupe a 12ª colocação na escala de produção mundial, com 2%, há fortes tendências de crescimento para os próximos anos, em função do aumento do consumo interno e das exportações (FAO, 2012). A evolução da

cultura do meloeiro no Brasil, no período de 1999 a 2009, indica que a área cultivada passou de 11.453 ha (FAO, 2012) para 17.544 ha (IBGE, 2012), e a produção de 139.093 toneladas (FAO, 2012) para 402.959 toneladas (IBGE, 2012), o que representa um ganho de 53% em área plantada e de 189,7% em produção.

O meloeiro é uma das espécies de maior expressão econômica e social para a região Nordeste do Brasil. Os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará lideram o ranking de produção de melão nacional, as médias de produtividade nesses estados em 2009 foram de: 28,02 e 25,4 t ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2012), superando a média Nacional (22,69 t ha⁻¹) e Mundial (21,01 t ha⁻¹), para o mesmo ano. Esse acréscimo em produtividade pode ser atribuído às condições climáticas favoráveis da região semiárida, com alta luminosidade, na faixa de 3.000 horas por ano, e aos baixos índices de pluviosidade (exceto no período de janeiro a maio, estação das “chuvas”), associadas ao uso de tecnologia moderna de irrigação (irrigação localizada) e da quimigação.

4.2 Quimigação

A quimigação consiste em aplicar uma solução, ou calda, de agroquímicos ou de produto biológico, que pode ser um fertilizante, inseticida, fungicida, herbicida, nematicida, vírus, gás carbônico, etc., por meio do sistema de irrigação. A injeção dos produtos pode ser efetuada utilizando-se diferentes métodos e equipamentos (COSTA; BRITO, 1994). No entanto, independentemente do método adotado, a qualidade dos resultados obtidos na quimigação depende do cálculo correto de variáveis como: taxa de injeção, quantidade do produto a ser injetado, volume do tanque de injeção, dose do produto a ser aplicada na área irrigada, concentração do produto na água de irrigação, entre outras.

O fornecimento adequado de nutrientes contribui, de forma significativa, tanto no aumento da produtividade como no aumento do custo da produção. Nesta situação, a otimização de eficiência nutricional é fundamental para ampliar a produtividade e reduzir o custo de produção.

4.2.1 Manejo da Fertirrigação

Em termos gerais, a fertirrigação é apenas um ramo da quimigação, sendo o processo que consiste em introduzir uma solução com fertilizante via água de irrigação (PINTO; BRITO, 2010). Esse processo preconiza o uso de fertilizantes solúveis em água e de equipamentos específicos para injetar a solução nas linhas de irrigação.

A fertirrigação pode ser mineral ou orgânica, conforme se trate de aplicação de fertilizantes químicos ou de resíduos orgânicos, tais como: vinhaça, biofertilizantes, chorumes e águas residuais provenientes de esgotos domésticos (FRIZZONE *et al.*, 1994; HERNANDEZ, 1994).

O uso da tecnologia de fertirrigação está diretamente relacionado com a extensão de seu retorno financeiro. O aumento na produtividade, a melhora na qualidade do produto, uso eficiente das aplicações e a economia de energia e de mão-de-obra, são os principais fatores, diretamente relacionados à aceitação do procedimento da fertirrigação pelos agricultores (PAPADOPOULOS, 2001).

A irrigação localizada, especialmente por gotejamento, por ser altamente eficiente para a aplicação de água, é aceita como ideal para a fertirrigação. Dessa forma, fertilizantes solúveis em água, em concentrações necessárias para as plantas, são transportados pelo fluxo de irrigação para o volume de solo úmido. Assim, a distribuição dos fertilizantes via água de irrigação, deverá provavelmente disponibilizar os nutrientes no local desejado, ou seja, a zona radicular. Isso pode reduzir a aplicação de água e de fertilizantes (BRESLER, 1977; CLARCK *et al.*, 1991; PAPADOPOULOS, 1985).

Algumas vantagens potenciais da fertirrigação são: maior produção, melhora na qualidade da produção, melhora da eficiência da recuperação do fertilizante, perdas mínimas de fertilizantes devido à lixiviação, controle da concentração dos nutrientes na solução do solo e flexibilidade no tempo da aplicação dos fertilizantes em relação à demanda da planta, baseada no desenvolvimento e no estágio fisiológico das culturas (CLOUGH *et al.*, 1990; KOVACH, 1983; PAPADOPOULOS, 1985).

O planejamento das aplicações de fertilizantes com base nas necessidades do cultivo permite reduzir as perdas de nutrientes, e esse planejamento pode ser associado com métodos convencionais de aplicação, que dependem do solo como reservatório para os nutrientes. Além disso, a fertirrigação pode reduzir as flutuações da salinidade na solução do solo ocasionadas pelos fertilizantes, melhorando suas condições, particularmente para plantas sensíveis à salinidade (PAPADOPOULOS, 1985). Em geral, com a fertirrigação, pode-se alcançar a proteção do solo e da água em relação aos fertilizantes, em uma base sustentável.

Um grande número de fertilizantes pode ser utilizado para aplicação via água de irrigação, sendo os mais apropriados ou recomendados os que apresentam maior solubilidade. Outros fatores devem ser analisados na escolha do fertilizante para utilização em fertirrigação, além da solubilidade, como: compatibilidade, pureza, poder corrosivo, poder acidificante,

possibilidade de entupimento do sistema de irrigação, custo do produto e da aplicação, entre outros.

Para obter um bom manejo da fertirrigação, é fundamental que o sistema de irrigação apresente uma boa uniformidade de distribuição de água. Contudo, a uniformidade de distribuição de nutrientes pode ser comprometida por várias causas, como: variação da concentração desses na água de irrigação, a qual é afetada pelo grau de agitação ou mistura da solução no tanque; variação da taxa de injeção da solução e a variação da vazão no sistema de irrigação durante a fertirrigação (BURT *et al.*, 1997; ROLSTON *et al.*, 1981).

4.3 Injetores

Para a utilização racional da quimigação, é essencial o conhecimento de características técnicas dos equipamentos utilizados, para posterior calibração em campo. Os sistemas de aplicação de produtos químicos via água de irrigação podem ser classificados em: a) tubo ligado à sucção da bomba ou aplicação por pressão negativa (VIEIRA, 1988; ZANINI; OLITTA, 1989), através de um tubo conectado à tubulação de sucção de água, a solução é succionada, passando pela bomba de irrigação. Esses autores alertam para esse tipo de injeção, que além de causar problemas de corrosão no rotor da bomba dependendo do tipo de solução química utilizada, há alto risco de contaminação do manancial hídrico; b) sistemas baseados na pressão diferencial: o princípio desses sistemas consiste em se provocar ou aproveitar uma diferença de pressão entre dois pontos na rede de irrigação, fazendo com que parte do fluxo de água escoe entre eles, passando através do tanque de produtos químicos e diluindo a solução, a qual vai sendo injetada no sistema. Muitas são as formas de se promover ou se utilizar a diferença de pressão para fins de aplicação de produtos surgindo, conseqüentemente, os vários sistemas existentes, como: tanque de derivação de fluxo, tanque de corrente direta e aplicadores com tubo pitot; c) bombas injetoras (FRIZZONE *et al.*, 1985): consiste em se injetar a solução existente em um tanque aberto na rede de irrigação, por meio de uma bomba apropriada. As bombas podem ser do tipo: diafragma, pistão, engrenagem, peristáltica ou centrífuga. As bombas injetoras podem ser acionadas: pela própria pressão da água, por motores elétricos ou por combustão (VIEIRA, 1988).

Costa, Vieira e Viana (1994) destacam algumas desvantagens para os equipamentos injetores que operam com pressão negativa, destacando-se os injetores Venturi, a perda de carga localizada no injetor pode atingir cerca de 1/3 da pressão de serviço na linha principal ou lateral, impossibilitando a injeção e a dificuldade de regular com precisão o fluxo de solução no injetor, devido à taxa de injeção ser muito sensível à variação de pressão e

vazão no sistema. As capacidades de sucção apresentadas nos catálogos comerciais para esses injetores normalmente se referem à água pura; contudo, neste tipo de técnica as soluções de produtos químicos utilizadas apresentam, em geral, densidades superiores a da água usada para irrigação, às taxas de aplicação da solução a ser injetada podem ser significativamente reduzidas em campo, conferindo-lhe outra desvantagem.

Segundo Frizzone *et al.* (1985), deve-se levar em conta alguns critérios para uma escolha adequada do injetor: a) volume e capacidade do equipamento: em função da quantidade de solução que o tanque pode conter e a vazão a ser injetada na rede de irrigação; b) fidelidade de funcionamento: este critério está relacionado à precisão do equipamento, sua resistência em condições de campo, nível técnico e capacidade exigida do operador, necessidade de acompanhamento no início e término da operação e qualidade da assistência técnica; c) funcionamento: refere-se à fonte de energia para o equipamento de quimigação; d) mobilidade: em propriedades agrícolas com grande número de setores, deve-se preferir um equipamento móvel, possibilitando uma redução de custos; e) diluição do produto: a proporção de diluição é a relação entre a quantidade de solução do produto e a quantidade total. Analisando e seguindo com cuidado esses critérios, torna-se possível uma escolha adequada do tipo de equipamento a ser utilizado, proporcionando então uma aplicação eficiente de fertilizantes ou de agrotóxicos via água de irrigação.

4.3.1 Bombas Injetoras

Zanini (1989) descreve que existem dois tipos principais de bombas injetoras de fertilizantes: a) bombas operadas por uma fonte de energia, independente da bomba de irrigação e b) bombas acionadas por meio da própria pressão da água no sistema de irrigação. Segundo o autor, as bombas injetoras são bastante utilizadas, pois mantêm constante a taxa de injeção de uma calda armazenada em tanque de abastecimento, com pouca necessidade de recarga. Por outro lado, devem ser consideradas algumas desvantagens, como: o equipamento é relativamente caro quando comparado com outros equipamentos de quimigação; muitos tipos requerem fonte de energia; a injeção prosseguirá em casos de interrupção do fluxo de água, exceto para bombas acionadas hidráulicamente.

De acordo com Almeida (2002), as bombas injetoras com motor elétrico estão muito difundidas porque são utilizadas não somente para a injeção de fertilizantes, mas, também, nos tratamentos de água, na indústria petroquímica, na indústria, etc. Nos modelos mais usados, ainda conforme o autor, a pressão de injeção varia entre 400 e 1.200 kPa, e os volumes injetados variam entre 1 e 1.500 L h⁻¹.

Vários são os fatores que influenciam a eficiência de um sistema de quimigação, dentre os quais se destaca o desempenho hidráulico dos injetores. Segundo Dourado Neto *et al.*, (2001), a regulagem de uma bomba injetora é realizada em função da informação do fabricante, ou de uma calibração feita pelo usuário em condições reais de funcionamento no campo; esta última é a mais recomendada, pois a normal variação de vazão deve-se a baixa uniformidade de fabricação dos equipamentos.

4.3.2 Venturi

O injetor Venturi é um representante do método que utiliza energia hidráulica para injetar produtos químicos. Ele tem recebido preferência por ser simples, sem peças móveis e de baixo custo. Quando operado em condições definidas de pressão e vazão, obtém-se uma proporção de diluição constante (DENÍCULI *et al.*, 1992). Embora o injetor Venturi apresente tais vantagens, suas limitações também devem ser destacadas: apresenta elevada perda de carga, segundo Shani e Sapir (1986), em torno de 30 % da pressão de operação; limitada margem de operação, ou seja, uma pequena variação na pressão ou na vazão da rede de irrigação provoca uma variação significativa na quantidade de solução injetada e seu uso está limitado a baixas pressões de alimentação (FERREIRA, 1994; ROJAS, 1995).

O injetor Venturi é um dispositivo metálico, de polietileno ou de PVC, com uma seção convergente, seguida de um estrangulamento e de uma seção divergente gradual, para diâmetro igual ao da tubulação a ele conectada. O princípio de funcionamento baseia-se na transformação da energia de pressão da água na tubulação em energia cinética, quando a água passa pela seção estrangulada do Venturi, que novamente se transforma em energia de pressão, ao voltar à tubulação principal. O Venturi aumenta a velocidade da água na seção estrangulada, provocando uma pressão efetiva negativa (vácuo). Neste injetor, a queda de pressão é geralmente expressa como uma porcentagem da pressão de entrada (ABÉU *et al.* 1987). Devidamente dimensionado, o Venturi proporciona a sucção da solução colocada num reservatório aberto, injetando-a na rede de irrigação.

Segundo ABÉU *et al.* (1987), a vazão de solução fertilizante injetada na rede de irrigação, por um dispositivo tipo Venturi, tem uma relação direta com a pressão da água na entrada do injetor (pressão de alimentação). Nos modelos usuais, com uma pressão mínima de 150 kPa, a vazão varia desde 1 m³ h⁻¹ para os modelos de 1" polegada, a mais de 20 m³ h⁻¹ para alguns de 2" polegadas, de alta capacidade de sucção. Os autores salientam que, nos catálogos comerciais, a capacidade de sucção do Venturi refere-se à água pura, e que essa capacidade é reduzida na medida em que a densidade da solução fertilizante aumenta.

4.3.3 Bomba centrífuga

Ao referir-se a esse tipo de bomba, Burt *et al.* (1997) afirmam que elas são acionadas por motores elétricos de pequeno porte, motores a diesel ou a gasolina, facilitando sua condução para diferentes locais nas áreas irrigadas. Além da facilidade no manuseio, possuem custo relativamente baixo, se comparado com os custos de outros tipos de bombas injetoras, injetam grandes volume de calda e são facilmente automatizadas. Como desvantagem, destaca-se o baixo rendimento e, caso haja variação na energia, pode haver variação na rotação do motor, o que leva a uma variação direta na quantidade da solução injetada na tubulação de irrigação.

Para a utilização da bomba centrífuga como um injetor de fertilizantes é necessário que a pressão por ela fornecida seja maior que a pressão na linha principal de irrigação. Contudo, a taxa de injeção da solução a partir da bomba depende da pressão na linha de irrigação. Logo, para um bom desempenho da distribuição de produtos quimigados é necessário uma calibração adequada da bomba. Segundo Holman (1978) este sistema pode produzir uma aplicação excessivamente rápida podendo ocasionar problemas associados à má distribuição do produto na área.

4.3.4 Tanque pressurizado

O método do tanque pressurizado, do tipo “by-pass”, emprega um tanque hermeticamente fechado, metálico ou de plástico, contendo a solução, sendo conectado à linha principal de irrigação por meio de uma passagem secundária, então parte da água de irrigação flui através do tanque e dilui a solução a ser aplicada. Esse fluxo secundário é criado através de um gradiente de pressão entre a entrada e a saída do tanque, causado por uma contração permanente na linha ou por uma válvula de controle. A concentração do produto no tanque decresce gradualmente. A diluição do produto no tanque, antes do início da irrigação, também é uma maneira de utilização do equipamento (JANOS, 1995). O autor cita ainda algumas vantagens desse sistema: simplicidade de construção e operação; baixo custo; não há necessidade de um suprimento externo de força e não é muito sensível às mudanças na pressão ou na taxa de fluxo. E, suas desvantagens são: a concentração variável de nutrientes causa um aumento de volume do produto a ser aplicado no início do ciclo de irrigação; o tanque tem que ser reabastecido com a solução a cada irrigação. Esse sistema não é recomendável para irrigação automática ou serial, sendo o mais comum de fertirrigação em uso para instalações de irrigação localizada semiautomáticas.

Outra forma de utilização do tanque pressurizado é embutir um diafragma ou uma bolsa para separar a solução a ser aplicada da água de irrigação. A taxa do fluxo da solução é determinada pela diferença de pressão entre os pontos de entrada e de saída, que é monitorada por um medidor de fluxo. Essa técnica assegura uma taxa relativamente constante do suprimento da solução para a água de irrigação, permitindo que a taxa do fluxo da solução a ser aplicada seja ajustada à taxa de fluxo da água de irrigação (ANDRADE; GORNAT, 1992).

4.4 Adubação potássica

O meloeiro é uma das cucurbitáceas mais exigentes em relação à adubação, e o nutriente extraído do solo em maior quantidade pela cultura é o potássio (MEDEIROS *et al.*, 2008). O potássio tem influência no crescimento do meloeiro, haja vista que as principais funções deste nutriente na planta estão relacionadas com a ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese, manutenção do equilíbrio iônico e da turgidez das células, controle da abertura e do fechamento dos estômatos, síntese e degradação de amido, transporte de carboidratos no floema, resistência da planta à geadas, seca, salinidade do solo e doenças, além de melhorar a qualidade dos frutos. Segundo Fernandes e Grassi Filho (2003) e Filgueira (2000), o potássio influencia as características qualitativas do melão, pois é indispensável para a formação e amadurecimento dos frutos e para o aumento da textura dos mesmos.

Existem diversas formas de fertilizantes potássicos disponíveis no mercado, logo, os mais utilizados pelos produtores são: o cloreto de potássio branco ou vermelho (KCl), sulfato de potássio (K_2SO_4) e nitrato de potássio (KNO_3). Esses fertilizantes, quando aplicados por meio da fertirrigação em solos arenosos, merecem uma atenção redobrada, por apresentarem elevadas perdas por lixiviação e alto índice salino. Ernani, Almeida e Santos (2007) destacam que o potássio tem suscetibilidade a perdas por processos erosivos, principalmente em solos com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), e também devido ao elevado grau de salinidade do cloreto de potássio (KCl), principal fonte de potássio utilizada na agricultura (MEURER, 2006).

Prado (2008) salienta que o potássio, quando aplicado em excesso, provoca sintomas que se confundem com os danos causados pela salinidade. Outro agravante desse excesso é o antagonismo existente com outros nutrientes como o Ca^{2+} e o Mg^{2+} , chegando muitas vezes a causar a deficiência desses dois nutrientes, com a consequente queda de produção (MEURER, 2006). Pinto *et al.* (1995) afirmam que o excesso de potássio pode

causar desenvolvimento vegetativo de pouco vigor, frutos de menor peso médio e maturação prematura, além de contribuir para a diminuição da assimilação de fósforo pela planta.

Crisóstomo *et al.* (2002) acreditam que, dada a mobilidade do potássio no interior das plantas, os sintomas característicos de deficiência são observados, em primeiro lugar, nas folhas mais velhas, apresentando margens descoloridas e podendo, posteriormente, tornarem-se necrosadas. Além disso, as ramificações são menos desenvolvidas e os frutos são irregulares. Outro sintoma causado pela deficiência de potássio durante o desenvolvimento do fruto é a vitescência (polpa com aspecto vítreo), que pode se manifestar no campo ou durante o armazenamento.

A aplicação parcelada de potássio via água de irrigação, apresenta-se como uma técnica vantajosa, aumentando a eficiência no manejo desse nutriente, permitindo aplicá-lo conforme a demanda da cultura. As aplicações a lanço podem não fornecer a quantidade de nutriente necessária ao desenvolvimento inicial das plantas, ao passo que aplicações na linha, em doses elevadas, podem provocar danos ao sistema radicular (SALTON *et al.*, 2002), gerando uma maior concentração de K^+ na solução do solo, potencializando as perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos que apresentam baixa capacidade de troca de cátions (CTC).

Pinto *et al.* (1994), ao avaliarem a produção quantitativa e qualitativa do melão com aplicação de potássio via água de irrigação em solo arenoso e em três períodos: aplicação até 30 dias após a germinação, até 42 dias e até 55 dias, sob a forma de cloreto de potássio, no nível de 100 kg ha^{-1} de K_2O , concluíram que a maior produção de frutos comerciais foi obtida com fertirrigação até 55 dias após a germinação. De acordo com os autores, isso mostra que, para solos arenosos, o potássio, aplicado parceladamente via água de irrigação, tem sua absorção aumentada e sofre menos com a percolação.

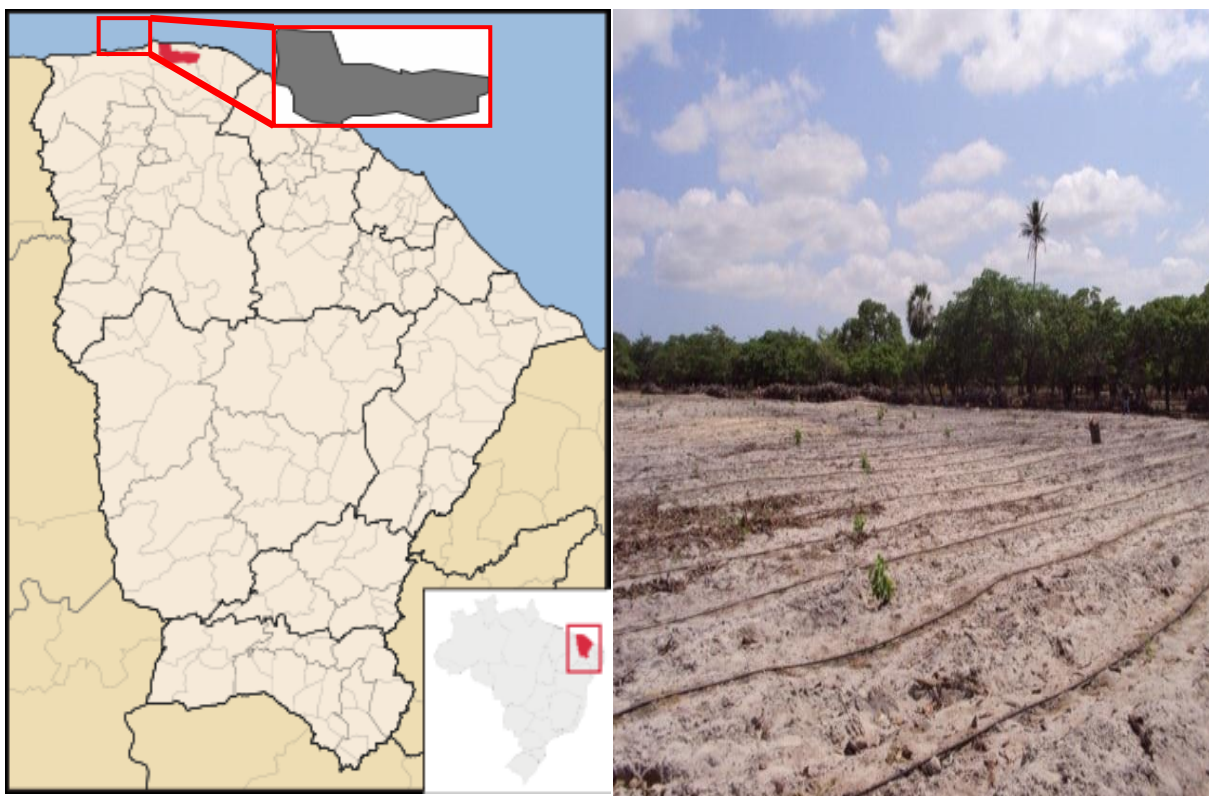
Andrade Júnior *et al.* (2007), estudando os efeitos de diferentes frequências de aplicação de N e K_2O via fertirrigação na produção e na qualidade dos frutos de melancia, utilizando frequências de um a cinco dias, observaram que a frequência de aplicação de N e K_2O a cada dois dias proporcionou maior produtividade total ($95,28 \text{ t ha}^{-1}$) e comercial ($76,19 \text{ t ha}^{-1}$) dos frutos de melancia.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no sítio Paraguai, município de Cruz, localizado na região Norte do estado do Ceará. A área experimental está localizada geograficamente a 02°54'25''S de latitude, 40°24'21''W de longitude e a uma altitude de 19 metros acima do nível do mar. Na Figura 1 é possível visualizar a área experimental.

Figura 1 – Localização da área experimental, Cruz, Ceará, 2010



5.2 Clima da região

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Aw', caracterizado como clima tropical chuvoso, com precipitação média anual de 1.135,4 mm e temperaturas do ar mínima, média e máxima anuais de 22,8; 28,1 e 34,7 °C, respectivamente. A região tem insolação média anual de 2.650 horas, umidade relativa média anual de 70%, velocidade média do vento de 3,0 m s⁻¹ e evapotranspiração média anual de 1.600 mm (BRASIL, 2007).

5.3 Solo e água da área experimental

O solo da área experimental, de textura arenosa, é classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006), caracterizado por apresentar elevada capacidade de infiltração e baixa capacidade de retenção de água, o que o pré-dispõe a uma elevada perda de água por percolação, reduzindo assim o potencial da eficiência de irrigação.

As características físicas e químicas da camada de 0 a 20 cm do solo da área experimental foram estimadas no Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará (TABELA 1).

Tabela 1 - Características físicas e químicas do solo da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm

Análise Química		Análise Física	
PO_4^{3-} (mg dm^{-3})	2	Areia fina (g kg^{-1})	248
K^+ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,1	Areia grossa (g kg^{-1})	675
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,4	Silte (g kg^{-1})	36
Na^+ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,06	Argila (g kg^{-1})	41
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,8	Argila natural (g kg^{-1})	17
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,6	Massa específica (g cm^{-3})	1,52
Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,2	Floculação ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	58
pH	4,9	Água útil ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	0,48
CE (dS m^{-1})	0,21	Classe textural	Areia

Fonte: Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará.

A água utilizada na irrigação provinha de dois poços tubulares, apresentado vazões de 18 e 12 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$, sendo diariamente bombeada e armazenada em um reservatório de capacidade de 250 m^3 . Os resultados obtidos com a análise química da água constam na Tabela 2.

Tabela 2 – Características químicas da água usada na irrigação

Cátions ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)					Ânions ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)					pH	RAS	CE (dS m^{-1})	Classificação
Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Σ	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Σ				
0,90	1,20	1,90	0,30	4,30	4,20	-	0,20	-	4,40	4,0	1,88	0,44	C_2S_1

Fonte: Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará.

A água de irrigação foi classificada pelo Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará como C_2S_1 , apresentando salinidade média e baixo conteúdo de sódio. De forma geral, ela não oferece limitações à prática da irrigação, dadas as

características do solo e à cultura empregada, conforme os índices recomendados pela FAO (AYERS; WESTCOT, 1999).

5.4 Cultura

A cultura avaliada no experimento foi o híbrido de meloeiro amarelo (*Cucumis melo* L.) Canarian Kobayashi (FIGURA 2), que se caracteriza por apresentar frutos arredondados, de cor amarela, com diâmetro comercial oscilando entre 18 a 24 centímetros e peso comercial de 1,0 a 1,5 kg. A variedade apresenta frutificação uniforme, resistente ao transporte e têm um teor de açúcar variando de 15 a 18° Brix, além de possuir boa resistência pós-colheita; dois meses em média e tolerância às doenças fúngicas e viróticas.

Figura 2 – Híbrido de meloeiro amarelo (*Cucumis melo* L.) Canarian Kobayashi, Cruz, Ceará, 2010



5.5 Preparo da área

O preparo da área consistiu no desmatamento, incorporação da matéria orgânica, sistematização, gradagem cruzada (Figuras 3, 4 e 5) e posterior adubação de correção para restituir a fertilidade natural do solo, conforme recomendam Carijó *et al.* (2004).

Figura 3 – Desmatamento da área experimental, Cruz, Ceará, 2010



Figura 4 – Incorporação da matéria orgânica, Cruz, Ceará, 2010



Figura 5 – Área experimental sistematizada, Cruz, Ceará, 2010



5.6 Plantio

O plantio, realizado diretamente no campo em 10 de outubro de 2010, seguiu o espaçamento de 2,00 m x 0,50 m, entre fileiras e plantas, respectivamente (Figura 6). Para garantir a uniformidade de germinação do estande, foram inseridas duas sementes por cova (Figura 7), uma vez que a germinação informada pelo fornecedor era de 86%.

Antes da sementeira, foi efetuada uma irrigação para elevar a umidade do solo até à capacidade de campo e, após o plantio, foram adotadas irrigações de alta frequência (quatro vezes ao dia) no sentido de manter a umidade em níveis ideais à germinação e ao estabelecimento das mudas.

5.7 Tratos culturais

Os tratos culturais durante a condução do experimento consistiram de: desbaste de plantas; capina manual; monitoramento do estado fitossanitário e nutricional; pulverizações; viragem dos frutos; monitoramento; desbaste de frutos com má formação e colheita.

O desbaste foi realizado sete dias após o plantio (DAP), quando as plantas apresentavam duas folhas definitivas, deixando-se uma planta por cova.

Figura 6 – Ilustração do plantio do melão na área de estudo, Cruz, Ceará, 2010



Figura 7 – Ilustração das sementes de melão na cova de plantio, Cruz, Ceará, 2010



Duas capinas manuais foram efetuadas no 15° e no 35° DAP, arrancando as plantas invasoras manualmente, com o objetivo de não causar dano à parte aérea e às raízes das plantas cultivadas.

Foram realizadas quatro aplicações de inseticidas e fungicidas, sendo uma quimigação e duas pulverizações, utilizando-se de um pulverizador costal, com intuito preventivo e controle de pragas e doenças. No período de cultivo, foi identificada a presença de: mosca branca e larva minadora e das doenças fúngicas: cancro e oídio. As datas das pulverizações, produtos utilizados e a praga ou doença encontram-se descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Aplicação de inseticidas e fungicidas no meloeiro, Cruz, Ceará, 2010

Data	Praga ou Doença	Produto
20/out	Mosca branca/Pulgão	Thiametoxam*
10/nov	Mosca branca/Larva minadora	Thiametoxam/Abamectina**
17/nov	Mosca branca/Oídio	Thiametoxam**
28/nov	Mosca branca/Cancro	Thiametoxam/Oxicloreto de cobre**

* Quimigação preventiva ** Pulverização de controle.

A viragem dos frutos consistiu em fazer uma rotação de aproximadamente 45°, com o intuito de expor a parte do fruto em contato com o solo, deixando-o com melhor aparência e coloração uniforme. Esse procedimento foi realizado entre o 40° e o 50° DAP, sendo também identificados e desbastados os frutos que apresentavam deformações e rachaduras.

5.8 Colheita dos frutos

A colheita foi realizada no dia 15 de dezembro de 2010, 65° DAP, de uma única vez, quando os frutos apresentavam coloração amarela e características apropriadas para a comercialização.

5.9 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação instalado na área experimental foi do tipo gotejamento, constituído por um cabeçal de controle, linha principal, linhas de derivação e linhas laterais. O cabeçal de controle se apresentava com: bomba centrífuga de 3,0 cv; vazão máxima de 22 m³ h⁻¹, sistema de injeção de fertilizantes, filtro de disco de 120 mesh e dois manômetros para o monitoramento da pressão de serviço (FIGURA 8).

O sistema de injeção de fertilizantes foi conectado à linha principal com auxílio de uma tubulação de tubo do tipo PVC, com 32 mm de diâmetro nominal, munido de conexões que permitiam o acoplamento dos injetores e registros. A linha principal foi formada por um tubo PVC, com 75 mm de diâmetro nominal. As linhas de derivação eram de tubos de PVC, com 50 mm de diâmetro nominal. Foram instaladas ao longo das linhas de derivação, 82 linhas laterais cada qual com 70 m de comprimento e espaçadas em 2,0 m entre si, elas foram constituídas por tubulações de paredes delgadas com gotejadores integrados de fluxo turbulento, distribuídas conforme o arranjo dos tratamentos nas parcelas (FIGURA 9). Os emissores, distanciados entre si a cada 0,40 m, forneciam vazão individual de $1,60 \text{ L h}^{-1}$, à pressão nominal de 100 kPa.

Figura 8 – Visualização do cabeçal de controle, Cruz, Ceará, 2010

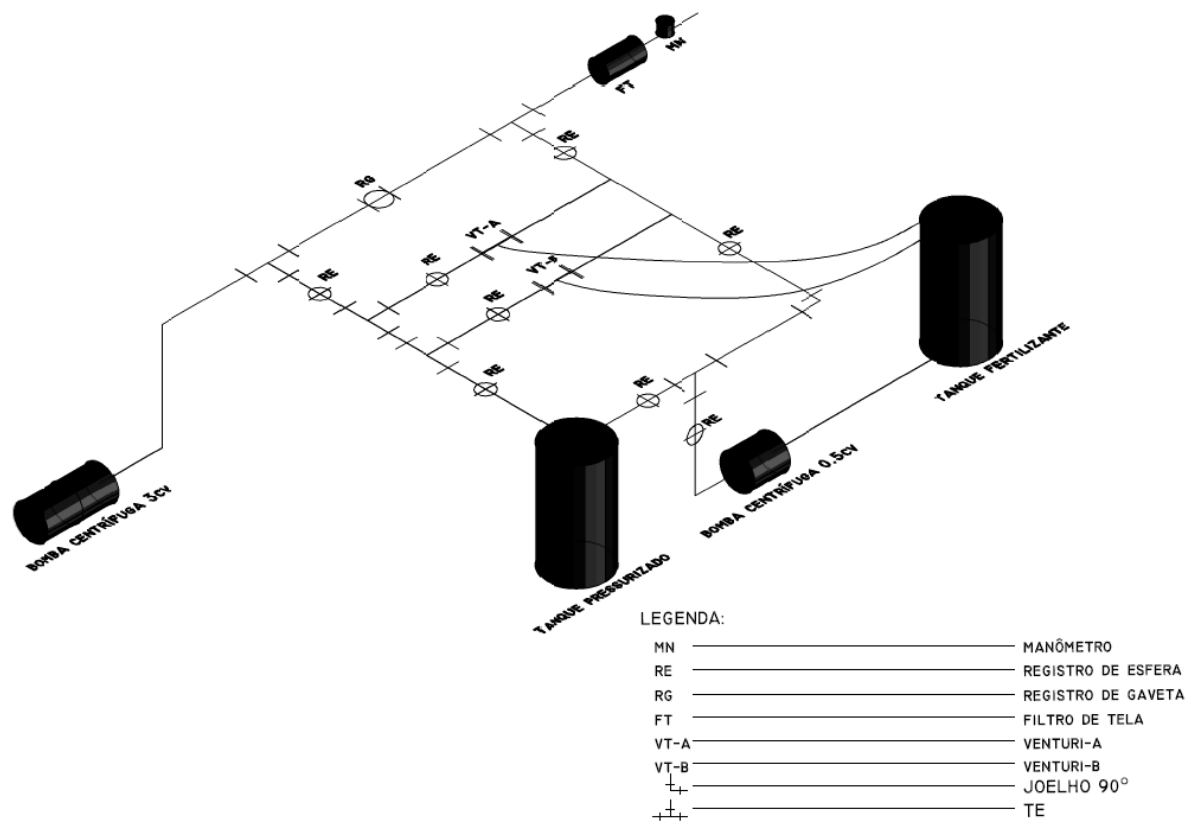


Figura 9 – Detalhe do gotejador integrado na linha lateral de irrigação, Cruz, Ceará, 2010



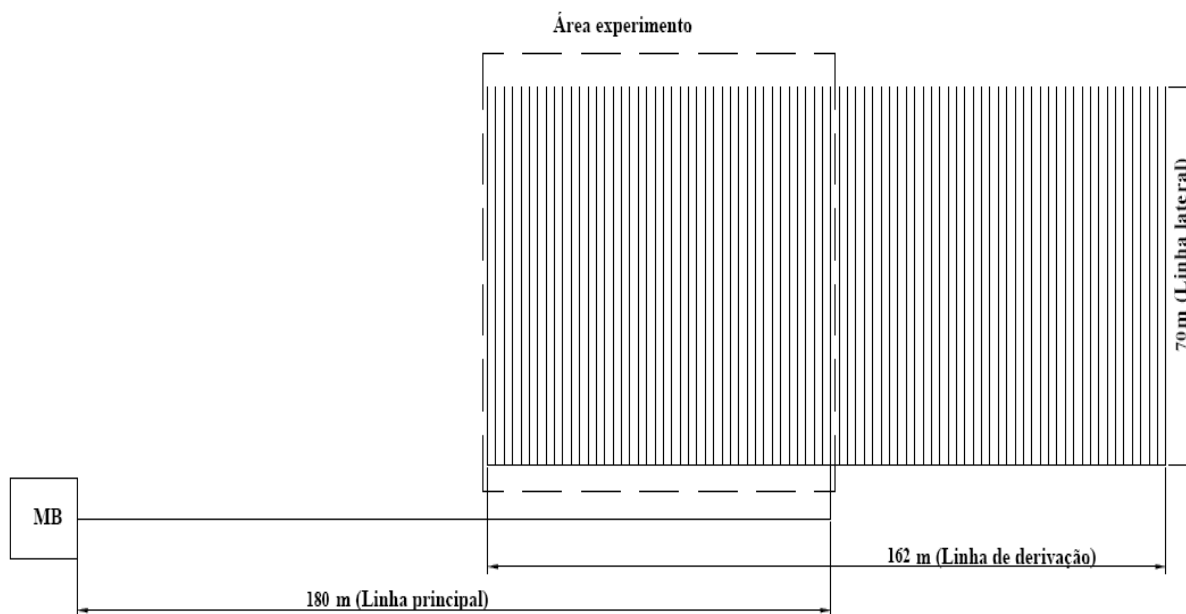
5.10 Descrição dos Experimentos

5.10.1 Experimento I: Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes tipos de injetores.

O experimento foi realizado durante o período de 08 de outubro de 2010 a 16 de abril de 2011, com objetivo de avaliar a uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes tipos de injetores. Os injetores utilizados foram: dois injetores Venturi, uma bomba centrífuga e um tanque pressurizado. Os injetores Venturi apresentavam diâmetro de 25 mm, de PVC rígido, taxa de injeção variando de 1 a 120 L h⁻¹. A diferença que existia entre eles era à presença de dispositivo de controle da taxa de injeção em dos modelos testados. O Venturi que não permitia controlar a taxa de injeção foi denominado de Venturi A e o que permitia de Venturi B. A taxa de injeção dos tubos Venturi foi de 100 L h⁻¹. Para o Venturi A foram realizadas calibrações e para o Venturi B foi empregado o dispositivo de regulagem do equipamento. A bomba centrífuga de injeção possuía uma potência de 0,5 cv e vazão de 2.500 L h⁻¹. O tanque de fertilizantes era de ferro, pressurizado e tinha uma capacidade para 100 L.

O adubo utilizado nos testes experimentais foi o cloreto de potássio branco, aplicando-se um volume de 30 L de calda de fertilizantes para os dois Venturi e para a bomba centrífuga. Já para o tanque pressurizado, o volume de calda empregado foi de 100 L. Em todos os testes foi utilizado 1,0 kg do adubo. A área experimental foi de 0,6 ha (FIGURA 10).

Figura 10 – Layout da área experimental para os diferentes tipos de injetores, Cruz, Ceará, 2010



A avaliação da uniformidade de distribuição do potássio na área foi realizada com a metodologia de Keller e Karmeli (1975), sendo selecionados 16 pontos de coleta. Os pontos foram escolhidos em quatro linhas laterais (a primeira, a um terço, a dois terços e a última linha lateral), e quatro pontos (gotejadores) ao longo de cada linha lateral selecionada: o primeiro, a um terço, a dois terços e o último gotejador.

O delineamento experimental utilizado no experimento foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições (FIGURA 11), totalizando 80 amostras para cada tratamento.

Após se conectar o injetor a ser avaliado na tubulação auxiliar acoplada à linha principal, diluía-se o fertilizante em volume de água correspondente ao respectivo injetor. Em seguida, ligava-se o sistema de irrigação e aguardava-se a água chegar à área e preencher toda a tubulação. Com o auxílio de um manômetro, controlava a pressão desejada para atender o bom funcionamento dos gotejadores. Esse controle era feito por meio de um registro de gaveta instalado na linha principal antes do medidor de pressão. Quando a pressão do sistema estava estabilizada, coletava-se uma amostra da água aplicada pelo emissor e media-se a

condutividade elétrica da água, com o objetivo de controlar o início e o término das fertirrigações (FIGURA 12).

Figura 11 – Layout do experimento, detalhando os 16 pontos selecionados e suas repetições, Cruz, Ceará, 2010

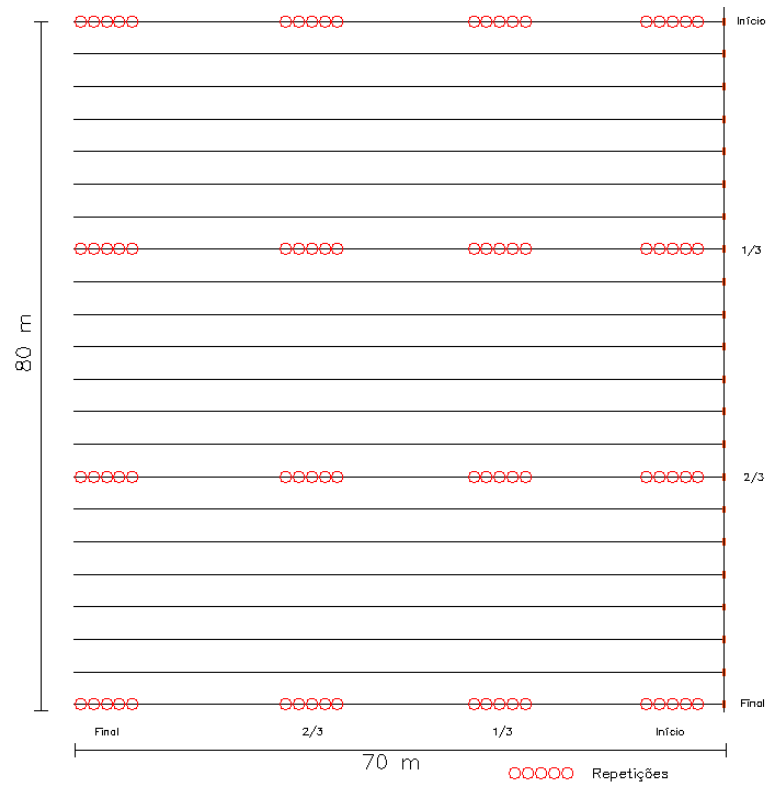


Figura 12 – Identificação da condutividade elétrica da água de irrigação, Cruz, Ceará, 2010



Com o início da injeção da calda fertilizante, para os injetores Venturi A e B e para o tanque pressurizado abriam-se totalmente os dois registros instalados na tubulação auxiliar, um antecedendo e outro sucedendo o injetor. Já para a bomba centrífuga abria-se somente o registro que a sucedia. A pressão do sistema no momento da injeção do fertilizante era controlada pelo registro instalado na tubulação principal. Para a medida do tempo de injeção, fez-se uso de um cronômetro.

A coleta da água nos pontos selecionados se iniciava quando o primeiro gotejador da área experimental apresentava condutividade elétrica superior a da medida na água de irrigação, indicando que o fertilizante tinha chegado à área. E, no momento em que a condutividade elétrica da água coletada no último gotejador do sistema de irrigação atingia valores próximos ao da condutividade elétrica da água de irrigação sem fertilizante era considerado o término da fertirrigação. Então, o sistema de irrigação era desligado e retiravam-se os coletores, para em seguida medir-se o volume da solução coletada fazendo-se uso de provetas (FIGURA 13).

Figura 13 – Coleta e medida do volume da solução, Cruz, Ceará, 2010



Após anotarem-se os dados referentes aos volumes coletados, amostravam-se 20 mL de cada coletor, que eram armazenados em pequenos recipientes (FIGURA 14), devidamente identificados, para posterior análise da solução em laboratório. As amostras foram mantidas resfriadas em caixa de isopor com gelo, desde a retirada do campo até a chegada ao laboratório para as análises do teor de potássio.

Figura 14 – Recipientes contendo solução para análise, Cruz, Ceará, 2010



Ao término da aplicação de um tratamento ou de uma repetição, todos os coletores eram lavados, retirando-se qualquer resíduo do teste anterior, a fim de não causar influência nas leituras das próximas avaliações. Todas as amostras, para os diferentes injetores avaliados, foram analisadas no Laboratório de Relação Solo-Água-Planta, do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, com um espectrofotômetro de chamas (Figura 15). As amostras foram diluídas em água destilada, para possibilitar a leitura no instrumento (Figura 16). A concentração de potássio em cada amostra foi estimada em ppm, posteriormente transformada para unidade g L^{-1} (Figura 17).

No período de estudo, foram realizadas duas coletas de dados e suas respectivas análises da uniformidade de distribuição do potássio. A primeira coleta ocorreu no dia 8 de outubro de 2010 e a segunda no dia 16 de abril de 2011, com um ajuste no volume de calda fertilizante para bomba centrífuga, que em vez de 30 L foram 120 L.

Figura 15 – Visualização do Espectrofotômetro de chama, Fortaleza, Ceará, 2010



Figura 16 – Diluição das amostras em água destilada, Fortaleza, Ceará, 2010



Figura 17 – Análises da concentração de potássio das amostras, Fortaleza, Ceará, 2010



Para o cálculo da uniformidade de distribuição da água e do fertilizante, foi utilizada a equação 01 (CHRISTIANSEN, 1942).

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - \bar{X}|}{N \cdot \bar{X}} \right) \quad (01)$$

Em que: CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%); X_i = lâmina observada no coletor i (mm); \bar{X} = lâmina média, considerando todos os coletores (mm) e N = número de coletores.

Para calcular a uniformidade de distribuição do potássio, foi necessária apenas a substituição das lâminas (mm) da conceituação original, pela concentração dos teores de potássio das amostras analisadas em $g L^{-1}$.

5.10.1.1 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F para verificar a existência de diferença significativa entre os tratamentos. Quando existente, foi utilizado o teste de Tukey (5%) com intuito de identificar os tratamentos estatisticamente diferentes. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos aplicativos Microsoft Office Excel 2007 e ASSISTAT 7.5.

5.10.2 Experimento II: Uniformidade de distribuição de potássio com diferentes idades de utilização do sistema de irrigação.

O experimento foi realizado durante o período de 08 de outubro de 2010 a 12 de outubro de 2011, tendo como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de potássio na área utilizando o injetor Venturi A empregado no experimento 1 e observar o comportamento da uniformidade de distribuição de potássio na área em diferentes tempos de uso do sistema de irrigação: sistema novo, após seis meses e após um ano de uso.

O adubo utilizado no experimento foi o cloreto de potássio branco, diluindo-se um 1,0 kg do adubo em um volume de 30 L de água. A área experimental foi de 0,6 ha, a mesma descrita no primeiro experimento.

Para avaliação da uniformidade de distribuição do potássio na área, o controle do início e do término da fertirrigação, a coleta, a amostragem e as análises das amostras, os cálculos da uniformidade de distribuição da água e do fertilizante foram utilizados os mesmos procedimentos já descritos no primeiro experimento.

Após a obtenção das médias dos coeficientes de uniformidade de Christiansen da água e do potássio, observou-se o comportamento da uniformidade de distribuição de potássio na área, utilizando o Venturi A, em diferentes tempos de uso do sistema de irrigação.

5.10.3 Experimento III: Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro

O experimento foi realizado no período de 10 de outubro a 15 de dezembro de 2010, em uma área de 0,238 ha. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições (FIGURA 18). Os tratamentos foram referentes a diferentes frequências de aplicação do potássio correspondentes às seguintes frequências de fertirrigação no ciclo de cultivo do meloeiro amarelo: duas (2F); quatro (4F); oito (8F); dezesseis (16F); trinta e duas (32F) e sessenta e quatro (64F). Os dias em que foram

realizadas as fertirrigações correspondentes a cada tratamento podem ser visualizados na Tabela 4.

Em cada bloco, num total de quatro, havia seis parcelas com área individual de 70 m² (35 m de comprimento por 2 m de largura) contendo 70 plantas. Para as variáveis relacionadas com a produtividade, foram utilizadas quatro plantas úteis por parcela, a: 5^a; 25^a; 45^a e 65^a planta, de forma que as plantas restantes foram consideradas como bordadura. Para as variáveis qualitativas, foram selecionados, ao acaso, dois frutos do total colhido das quatro plantas úteis. A aplicação dos tratamentos foi iniciada e finalizada, respectivamente, em 13 de outubro e 15 de dezembro de 2010.

Figura 18 – Delineamento experimental, Cruz, Ceará, 2010

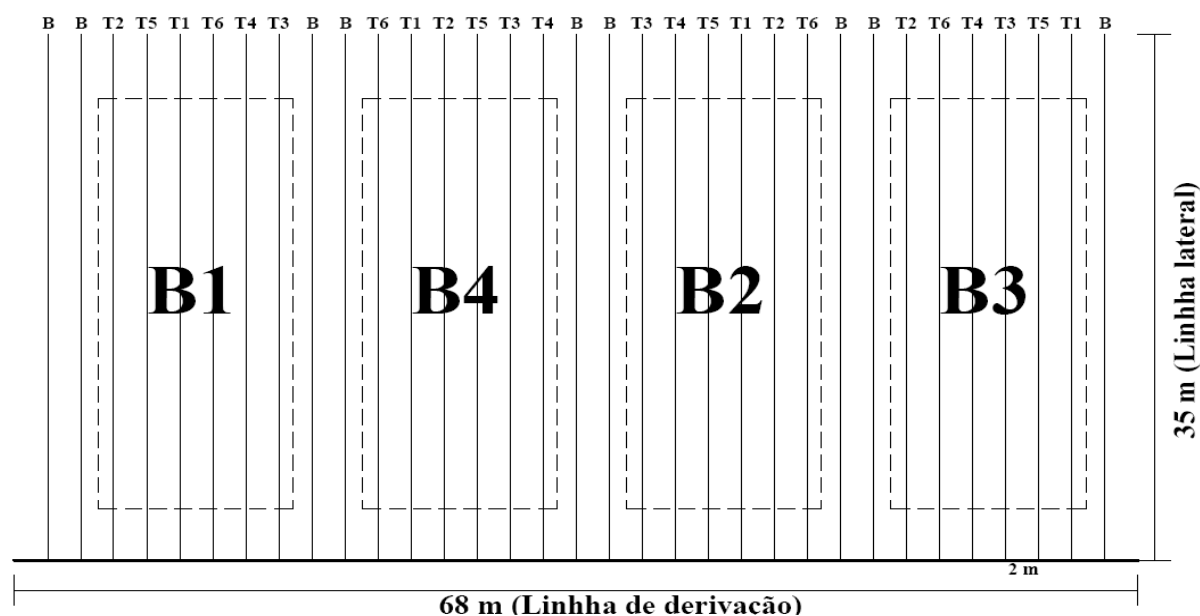


Tabela 4 – Fertirrigações durante o ciclo da cultura

Tratamentos	Aplicações (DAP)															
T1	0	32														
T2	0	16	32	48												
T3	0	8	16	24	32	40	48	58								
T4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
T5	0	2	4	6	6	10	12	....	....	50	52	54	56	58	60	62
T6	0	1	2	3	4	5	6	....	....	57	58	59	60	61	62	63

DAP – Dias após o plantio

O manejo da irrigação visou a reposição da evapotranspiração da cultura (ET_c) estimada a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de cultivo (K_c)

para cada estágio de desenvolvimento da planta (Equação 02). O Kc foi aquele apresentado por Miranda e Bleicher (2001), para condições edafoclimáticas semelhantes a do local de cultivo.

A lâmina de água foi aplicada diariamente para todos os tratamentos.

$$ETc = ETo * Kc \quad (02)$$

Em que: ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹); ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹) e Kc = coeficiente da cultura (adimensional), estimado para cada estágio de desenvolvimento da cultura.

A ETo foi estimada pelo método do tanque Classe “A” através de dados de evaporação de água (ECA) e do coeficiente do tanque (Kp) (Equação 03),

$$ETo = ECA * Kp \quad (03)$$

Em que: ECA = evaporação do tanque classe “A” (mm dia⁻¹) e Kp = coeficiente do tanque (adimensional).

O tempo de irrigação utilizado em cada experimento foi quantificado conforme a Equação 04.

$$Ti = \frac{Li * EL * Eg * FC}{Ei * Qg} \quad (04)$$

Em que: Ti = tempo de irrigação (h); Li = lâmina de irrigação a ser aplicada (mm dia⁻¹); EL = espaçamento entre as linhas laterais (m); EG = espaçamento entre gotejadores (m); FC = fator de cobertura do solo (adimensional); Ei = eficiência de irrigação (adimensional); qg = vazão do gotejador (L h⁻¹).

5.10.3.1 Manejo da fertirrigação

A quantificação do fertilizante a ser utilizado foi baseada na análise de solo (Tabela 1) e nas recomendações de Crisóstomo *et al.* (2002), as quais preconizam a aplicação dos principais nutrientes de acordo com a marcha de absorção pela cultura. No caso dos macronutrientes: cálcio e magnésio e dos micros: boro e zinco foram utilizados a proposta do manual de adubação e calagem para o estado do Ceará (AQUINO *et al.*, 1993).

Os adubos empregados na fertirrigação foram: ácido fosfórico (240 kg ha⁻¹ de fósforo); ureia e o nitrato de cálcio (120 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 68 kg ha⁻¹ de cálcio); cloreto de potássio branco (300 kg ha⁻¹ de potássio); sulfato de magnésio (23 kg ha⁻¹ de magnésio); ácido bórico (1 g planta⁻¹ de boro) e o sulfato de zinco (2 g planta⁻¹ de zinco). O parcelamento semanal dos fertilizantes, adaptado de Crisóstomo *et al.*, (2002), consta na (TABELA 5).

Para a dissolução e aplicação dos adubos, foi utilizado um volume de calda equivalente a 30 L, com uma taxa de injeção no sistema de 90 L h⁻¹. Após a injeção da calda na rede de irrigação, o tempo de lavagem do sistema foi calculado através da relação do volume contido na tubulação e a vazão dos gotejadores na área.

O potássio foi diluído e injetado individualmente para permitir a diferenciação dos tratamentos. Os demais fertilizantes, macro e micronutrientes, foram diluídos e injetados em outro recipiente, tanto para não interferir nos tratamentos como para evitar relações de incompatibilidade, especificamente entre o cálcio e os fosfatos e sulfatos.

Tabela 5 – Distribuição semanal da aplicação dos nutrientes via fertirrigação, Cruz, Ceará, 2010

Nutriente	Semana								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nitrogênio	10%	10%	10%	10%	15%	15%	10%	10%	10%
Fósforo	10%	10%	10%	10%	20%	20%	10%	5%	5%
Potássio	10%	5%	5%	5%	5%	15%	15%	20%	20%
Cálcio	10%	10%	10%	10%	15%	15%	10%	10%	10%
Magnésio	10%	10%	10%	10%	15%	15%	10%	10%	10%
Boro	0%	5%	5%	10%	10%	10%	20%	20%	20%
Zinco	0%	5%	5%	10%	10%	10%	20%	20%	20%

Adaptado de Crisóstomo *et al.* (2002)

No tratamento com fertirrigação diária (64F), a quantidade de fertilizante aplicada foi resultante da razão entre o percentual semanal e o número de dias da semana. Os demais tratamentos (32F, 16F, 8F, 4F e 2F) corresponderam a aplicações acumuladas de 2, 4, 8, 16 e 32 dias, respectivamente.

5.10.3.2 Variáveis analisadas

Os frutos foram avaliados de acordo com: produtividade comercial (PC), massa dos frutos (MF), diâmetros polar (DP) e equatorial (DE), espessuras da casca (EC) e da polpa (EP), teor de sólidos solúveis (SS) e firmeza da polpa (FP).

A PC (Mg ha⁻¹) e a MF (kg) foram obtidas por meio de uma balança Adventurer™ com graduação de duas casas decimais de quilogramas, enquanto que o DP (cm) e DE (cm) foram medidos com um paquímetro digital Digimess[®], com resolução de 0,05 mm. O SS (°Brix) e a FP (N) foram determinados, respectivamente, por um refratômetro portátil analógico RT-280 Instrutemp[©] (escala de 0 a 80% e resolução de 1% °Brix) e um

penetrômetro Fruit Test™ FT30 (acurácia de 1 grau). Alguns dos equipamentos utilizados nas análises das variáveis podem ser visualizados na Figura 19.

Figura 19 – Pesagem dos frutos (A), medição da firmeza da polpa (B), dos diâmetros equatorial (C) e polar (D) e das espessuras da polpa (E) e da casca (F) dos frutos de meloeiro amarelo, Cruz, Ceará, 2010



5.10.3.3 Análise estatística

Os resultados dos testes quantitativos foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância. E, quando significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, foram realizadas análises de regressão, buscando-se ajustar as equações, sendo selecionado o modelo de melhor nível de significância e coeficiente de determinação (R^2). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos aplicativos Microsoft Office Excel (2007) e do software ASSISTAT 7.6.

5.10.3.4 Análise econômica

Para realizar a análise econômica, foram levantados os preços dos insumos em lojas agropecuárias de Fortaleza e o preço do quilograma de melão de acordo com o valor pago pelos comerciantes da CEASA – Ceará, durante o período do experimento. Com relação ao custo referente à eletricidade, foi utilizado o preço do kWh^{-1} rural.

De posse da produtividade comercial de cada tratamento, calculou-se a receita líquida para cada um deles, utilizando a planilha eletrônica adaptada de Souza (2006), a fim de se verificar retorno econômico para o produtor. O custo cultural (CC, em R\$ ha⁻¹) foi calculado pela Equação 05:

$$CC = SE + FE + AG + EE + OME + OMA \quad (05)$$

Em que: SE = sementes (R\$ ha⁻¹); FE = fertilizantes (R\$ ha⁻¹); AG = agrotóxicos (R\$ ha⁻¹); EE = energia elétrica (R\$ ha⁻¹); OME = operação mecanizada (R\$ ha⁻¹) e OMA = operação manual (R\$ ha⁻¹).

Posteriormente, calculou-se o custo total (CT, em R\$ ha⁻¹) com a Equação 06.

$$CT = CC + CA + EI + JC \quad (06)$$

Em que: CA = custo administrativo (R\$ ha⁻¹); EI = equipamento de irrigação (R\$ ha⁻¹); JC = juros sobre custeio anual (R\$ ha⁻¹).

Por fim, com as Equações 07 e 08, calculou-se a receita bruta (RB, em R\$ ha⁻¹) e a receita líquida (RL, em R\$ ha⁻¹).

$$RB = PC \times \text{PREÇO} \quad (07)$$

$$RL = RB - CT \quad (08)$$

Em que: PC = produtividade comercial (kg ha⁻¹); PREÇO = preço do melão, R\$ kg⁻¹ ha⁻¹.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento I: Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes tipos de injetores

Na Tabela 6 está apresentado o resumo da análise de variância dos CUC da água de irrigação, para a irrigação quando se utilizou os quatro injetores analisados: Venturi A, Venturi B, bomba centrífuga e tanque pressurizado na fertirrigação. Verifica-se que a variável não apresentou diferença estatística ao nível de significância de 5% pelo teste F.

Tabela 6 – Análise de variância dos CUC da água de irrigação, Cruz, Ceará, 2011

Fonte de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Tratamento	3	0,55793	0,18598	0,0775 ^{ns}
Resíduo	16	38,3823	2,39890	
CV (%)	1,63			

GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns - não significativo pelo teste F

Na Tabela 7 visualiza-se o resumo da análise de variância dos CUC para distribuição do potássio quando utilizado os injetores testados. Observa-se que a variável respondeu significativamente a influência dos diferentes injetores a 5% ($P < 0,05$).

Tabela 7 – Análise de variância dos CUC da distribuição de potássio, Cruz, Ceará, 2011

Fonte de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Tratamento	3	1635,65	545,21	22,85 ^{**}
Resíduo	16	381,85	23,86	
CV (%)	6,84			

GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ** significativo a 5% pelo teste F

Na Tabela 8 estão dispostos os valores médios dos CUC da água de irrigação e de potássio na área estudada, para os quatro tipos de injetores, volumes de calda fertilizante e os tempos gastos para a injeção do fertilizante no sistema de irrigação. Esses resultados referem-se, à primeira coleta, após o sistema de irrigação ter sido instalado no campo.

O sistema de irrigação apresentou uma elevada uniformidade de distribuição de água, quando se fertirrigava com os diferentes injetores, perfeitamente aceitável para a distribuição de água em sistema de irrigação localizado. Esses valores podem ser atribuídos ao tempo de uso do sistema; recentemente instalado (novo) e o controle da pressão de serviço, para atender o correto funcionamento dos emissores.

Tabela 8 – Valores médios dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC, %) da água de irrigação e para o potássio utilizando quatro injetores, volume de calda e tempo de injeção do fertilizante, Cruz, Ceará, 2011

Tratamento	Volume de calda (L)	CUC % (água)	CUC % (potássio)	Tempo de injeção (min)
Venturi A		95,57 a	94,66 a	17,53
Venturi B	30	95,24 a	91,54 a	14,34
Bomba centrífuga		95,16 a	75,94 b	1,28
Tanque pressurizado	100	95,17 a	74,42 b	1,49

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, $p < 0,05$

Verifica-se, na Tabela 8, que os valores médios do CUC, para a distribuição do potássio com os diferentes injetores utilizados, foram de: 94,66%, 91,54%, 75,94% e 74,42%, para o Venturi A, o Venturi B, a bomba centrífuga e o tanque pressurizado, respectivamente, evidenciando efeito significativo em nível de 5% pelo teste de Tukey. Os maiores valores do CUC para a distribuição de potássio foram obtidos pelos injetores Venturi A e Venturi B, não havendo diferença significativa entre os mesmos, indicando uma ótima distribuição do fertilizante pelo sistema de irrigação. Já, para injeção da calda fertilizante com a bomba centrífuga e o tanque pressurizado evidenciaram uma redução nos valores médios da variável analisada, não havendo, também, diferença significativa entre estes injetores.

O tempo de injeção, em minutos, para cada um dos tratamentos estudados foi de: 17,53 para o Venturi A; 14,34 para o Venturi B; 1,28 para a bomba centrífuga e 1,49 para o tanque pressurizado. Analisando esses valores, verifica-se que os maiores tempos de injeção, resultaram em maiores CUC da distribuição de potássio na área. Com base na afirmação, tempos maiores de injeção da calda fertilizante promoveram uma maior diluição do fertilizante e também possibilitam maior oportunidade para que o fertilizante chegue ao ponto mais extremo do sistema de irrigação. Os autores Alves (1992), Holman (1978) e Oliveira e Villas Bôas (2008) indicam que para obter maior uniformidade do fertilizante aplicado, é preferível que a injeção seja realizada em tempos mais longos.

Dessa maneira, a variação ocorrida nos valores dos CUC para a distribuição de potássio, quando foram utilizados os injetores: bomba centrífuga e tanque pressurizado, em comparação aos encontrados para os injetores Venturi A e B, pode ser atribuída a não calibração da taxa de injeção, uma vez que a bomba centrífuga e o tanque pressurizado apresentaram altas taxas de injeção da calda fertilizante no sistema de irrigação, que proporcionaram um menor tempo de injeção e, conseqüentemente, uma menor diluição do adubo, fazendo com que ocorresse uma variação da concentração do nutriente ao longo da irrigação, uma vez que o volume do produto químico aplicado pelos emissores no início da

linha foi maior que no final da linha. Camargo (2010) afirma que a baixa uniformidade de distribuição de fertilizante pode provocar redução da produção, devido à aplicação irregular do adubo, causando a falta de nutrientes em algumas plantas.

Reforçando essa afirmativa, Kassem e AL-Suker (2009), estudando os efeitos dos métodos de fertirrigação sobre a produtividade e eficiência do nitrogênio nas culturas de trigo e cevada, utilizando um sistema de irrigação por aspersão, observaram que os métodos de fertirrigação influenciaram nas produtividades de grãos do trigo e cevada. Os maiores valores encontrados para o coeficiente de uniformidade do nitrogênio (CUN) foram 77 e 70%, obtidos pela bomba injetora e o injetor Venturi, respectivamente, enquanto para o tanque pressurizado apresentou o menor valor de CUN de 56%. Segundo os mesmo autores, as maiores produtividades de grãos de trigo (3.403 e 3.217 kg ha⁻¹) e cevada (2.577 e 2.375 kg ha⁻¹) foram obtidas quando se utilizou a bomba injetora e o Venturi, enquanto as menores produtividades de grão de trigo (2.487kg ha⁻¹) e cevada (1.805 kg ha⁻¹) foram verificadas quando utilizou o tanque pressurizado para a injeção do fertilizante.

Oliveira *et al.* (2003), avaliando a uniformidade de distribuição de potássio num sistema de irrigação por gotejamento, usando: Venturi; bomba elétrica Multifertice uma bomba injetora proporcional, para diferentes tempos de injeção do fertilizante: 10, 15, 20 e 25 minutos, verificaram que os tempos de injeção mais curtos possibilitaram maiores diferenças entre a concentração média no início e no final da linha de irrigação. Os valores médios dos CUC do potássio para os três injetores analisados em função do tempo de injeção de 10, 15, 20 e 25 minutos foram de: 65,66; 74,33; 84,0 e 87,33%, respectivamente. Os autores concluíram ainda, que não ocorreu variação significativa nos CUC devido aos injetores utilizados, resultados diferentes dos obtidos do presente trabalho.

Alves (1992), ao avaliar o desempenho da bomba injetora e do tanque de derivação de fluxo na aplicação de cloreto de potássio em microaspersão, e Sampaio *et al.* (1997) para um sistema de irrigação por gotejamento, constataram que no início da fertirrigação, as concentrações de fertilizantes foram maiores nos primeiros emissores, atribuindo ao tempo que a solução a ser injetada gasta para chegar aos emissores finais e estabilizar a concentração.

EL-Amin, EL-Ebabi e EL-Tomy (2006), ao analisarem a uniformidade de distribuição de fertilizante (UDF) num sistema de irrigação por gotejamento, em diferentes comprimentos de linhas laterais (20, 40 e 50 m), utilizando uma bomba injetora hidráulica, uma bomba elétrica centrífuga, um injetor Venturi e um tanque pressurizado, evidenciaram que os maiores valores obtidos para a uniformidade de distribuição de fertilizante foram

obtidos com a bomba injetora hidráulica: 98 e 96%, para linhas laterais de 40 e 50 m, respectivamente. E, os menores valores encontrados para UDF foram constatados pelo tanque pressurizado, sendo 71 e 78%, para as linhas laterais de 40 e 50 cm, respectivamente.

Bracy, Parish e Rosendale (2003), analisando a uniformidade da fertirrigação usando quatro tipos de injetores: Venturi; bomba de diafragma; bomba injetora proporcional e um injetor de derivação de fluxo desenvolvido por Lancaster *et al.* (1998), verificaram que as maiores uniformidades de distribuição do fertilizante foram obtidas com o Venturi e a com a bomba injetora proporcional. Os autores explicam que esse resultado está atribuído aos maiores tempos de injeção do fertilizante proporcionado por esses injetores. No mesmo trabalho, os autores avaliaram também duas taxas de injeção de fertilizante: $0,06 \text{ L s}^{-1}$ e $0,19 \text{ L s}^{-1}$, observando que a melhor distribuição do fertilizante foi obtida com uma taxa de $0,06 \text{ L s}^{-1}$, devido a maior diluição do produto na rede de irrigação, proporcionando uma melhor distribuição do fertilizante na área fertirrigada.

Townsend (1988) chama a atenção para o problema que pode acarretar um tempo de injeção longo, pois poderá proporcionar um tempo total de tempo de irrigação (tempo para encher as linhas, injeção e lavagem do sistema) maior que o necessário para atender às necessidades hídricas das culturas.

Corroborando com os dados obtidos nessa pesquisa, Camargo (2010), avaliando a uniformidade de distribuição de potássio aplicado com diferentes volumes de calda, usando um sistema de irrigação semelhante ao do presente trabalho, verificou que o maior tempo de injeção, proporcionado pelo maior volume de calda, resultou na maior uniformidade de distribuição do nutriente, em relação ao menor tempo de injeção. A mesma autora, agora avaliando a uniformidade de distribuição de potássio utilizando quatro fontes do nutriente, sulfato de potássio – K_2SO_4 , contendo 50% de K_2O ; cloreto de potássio branco – KCl b , contendo 60% de K_2O ; cloreto de potássio vermelho – KCl v , contendo 60% de K_2O e nitrato de potássio – KNO_3 , contendo 44% de K_2O , aplicados com um volume de calda de 75 L, verificou que não existiu diferença significativa entre as fontes analisadas.

García (2012), estudando a distribuição do potássio com diferentes dissoluções, fontes e volumes de calda de fertirrigação, constatou que a aplicação de maior volume de calda fertilizante, proporcionando maior tempo de injeção, apresentou maior uniformidade de distribuição do potássio.

Sousa *et al.* (2003) verificaram que o aumento do tempo de injeção do fertilizante potássico, apresenta uma distribuição temporal do fertilizante maior que a espacial verificada ao longo das linhas laterais.

Azevedo *et al.* (2010), avaliando os efeitos da insetigação por gotejamento na cultura do feijão vigna de cor preta, em condições de campo, utilizando um injetor Venturi para aplicação do inseticida à base de methamidophos, tomando como base as doses recomendadas pelo fabricante do inseticida para a pulverização convencional de 350 a 700 mL ha⁻¹, testando quatro doses (175; 350; 700 e 1400 mL ha⁻¹) do inseticida, observaram que aplicação de concentrações diferentes de inseticida à base de methamidophos aplicado por pulverização convencional e por quimigação não causou efeito de toxidade nas plantas, não afetando o desenvolvimento das mesmas.

Cunha *et al.* (2001), analisando a eficácia e uniformidade de distribuição do epoxiconazol, em três lâminas de irrigação, via pivô central, no controle de doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando uma bomba hidráulica do tipo diafragma para a injeção do produto na rede de irrigação, verificaram que as lâminas de água utilizadas na fungigação não influenciaram a eficácia e a uniformidade de distribuição do fungicida epoxiconazol. A fungigação propiciou boa uniformidade de distribuição do ingrediente ativo ao longo da área tratada, reduziu a severidade da mancha-angular e da mancha-de-alternária do feijoeiro.

Wang *et al.* (2009), estudando a aplicação de cinco diferentes pesticidas (químico e microbiano: sulflavine brilhante (BSF), imidaclopride, fungos entomopatogênicos (EPF), fungos de solo (SF) e nematoides etomopatogênico (EPN)) através de um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando três emissores de vazões distintas, observaram que uniformidade de distribuição dos produtos foi influenciada significativamente pelo tipo do produto aplicado. Dentre os cinco materiais testados, a menor uniformidade de distribuição ocorreu com o EPF, seguido pelo SF, imidaclopride, nematóides e BSF. De acordo com os autores, tais resultados variaram devido às propriedades físicas da formulação dos produtos avaliados. No entanto, o uso de sistemas de irrigação por gotejamento para aplicação de produtos em pó em suspensão e agentes granulares, como o EPF e o SF, para o controle de pragas pode ser limitado, caso possuam baixa solubilidade.

Na Tabela 8, observa-se que os bons índices de distribuição de água obtidos para o sistema quando se injetou o fertilizante com a bomba centrífuga ou com o tanque pressurizado, não refletiram, necessariamente, em uma boa uniformidade de distribuição do potássio.

Os valores médios dos CUC da água de irrigação obtidos na área estudada foram maiores que os CUC da distribuição de potássio. Tais resultados foram constatados por Oliveira *et al.* (2003) e Stone *et al.* (1994). Os últimos autores, avaliando a uniformidade de

distribuição da água de um pivô central durante uma quimigação com inseticida, encontraram valor igual a 93,5% para a distribuição de água e 83,9% para a distribuição do produto. Peixoto (2005), avaliando a uniformidade de distribuição da fertirrigação no distrito de irrigação do Platô de Neópolis, também encontrou diferença entre os valores referentes à eficiência de aplicação média do potássio de 89,67%, inferior ao coeficiente de uniformidade da água que foi de 93,40%.

As diferenças observadas na distribuição dos produtos quimigados em relação à água de irrigação, além da utilização de diferentes tipos de injetores, Rolston *et al.*, (1981) relatam que outros fatores como: a concentração da solução a ser injetada, o tempo de aplicação, a solubilidade e a pureza dos produtos afetam a uniformidade de distribuição de nutrientes e agrotóxicos. Para Burt *et al.* (1997), a uniformidade de distribuição de nutrientes pode ser também comprometida pela variação da concentração desses na água de irrigação, a qual esta relacionada com: o grau de agitação ou mistura da solução no tanque, a variação da taxa de injeção da solução e a variação da vazão no sistema de irrigação durante a fertirrigação.

Lima Neto (2006), trabalhando com injetores de fertilizantes concentrados, conclui que a densidade mais elevada de solução de fertilizante misturado com a água de irrigação, menor será a taxa de injeção.

Pinto e Brito (2010) alertam que a não calibração do sistema de irrigação, envolvendo o sistema de injeção, compromete a uniformidade de distribuição dos produtos quimigados, tornando a calibração entre os dois sistemas uma prática extremamente importante.

Nas Tabelas 9 e 10, estão apresentados os resumos das análises de variância dos CUC da água de irrigação e da distribuição de potássio pelo sistema de irrigação para os diferentes injetores. Esses resultados são concernentes à segunda coleta, em abril de 2011. Verifica-se nas tabelas, que ambas não responderam significativamente a influência dos diferentes injetores utilizados a 5% pelo teste F. E, Na Tabela 11, encontram-se os valores médios dos CUC da água de irrigação e do potássio na área estudada, para os quatro tipos de injetores, volumes de calda fertilizante e os tempos de injeção do fertilizante no sistema de irrigação.

Tabela 9 – Análise de variância dos CUC da água de irrigação, Cruz, Ceará, 2011

Fonte de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Tratamento	3	370,98	123,66	2,02 ^{ns}
Resíduo	16	976,02	61,00	
CV (%)	9,56			

GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns - não significativo pelo teste F

Tabela 10 – Análise de variância dos CUC da distribuição de potássio, Cruz, Ceará, 2011

Fonte de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Tratamento	3	46,53	15,51	0,14 ^{ns}
Resíduo	16	1770,85	110,68	
CV (%)	9,56			

GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns - não significativo pelo teste F

Tabela 11 – Valores médios dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC, %) da água de irrigação e do potássio para os diferentes injetores, volumes de calda e tempos de injeção do fertilizante, na segunda coleta, Cruz, Ceará, 2011

Tratamento	Volume de calda (L)	CUC % (água)	CUC % (potássio)	Tempo de injeção (min)
Venturi A	30	85,61 a	67,44 a	18,10
Venturi B		85,47 a	71,13 a	13,43
Bomba centrífuga	120	80,71 a	69,80 a	4,14
Tanque pressurizado	100	75,09 a	71,22 a	1,49

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, $p < 0,05$

Os valores médios dos CUC da água de irrigação, obtidos na segunda coleta, para a fertirrigação com os diferentes injetores: Venturi A, Venturi B, bomba centrífuga e tanque pressurizado, foram de: 85,61%; 85,46%; 81,16% e 75,08%, respectivamente. Para o sistema de irrigação utilizado no experimento, esses valores estão abaixo do recomendado por Merriam e Keller (1978), que relatam que o CUC da água de irrigação deve ser superior a 88%, em cultivos de alto rendimento econômico.

Confere-se que, ainda na Tabela 11, os valores médios dos CUC da distribuição de potássio foram de: 67,42% para o Venturi A, 71,16% para o Venturi B, 69,80% para a bomba centrífuga e 71,79% para o tanque pressurizado, não diferindo estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os tempos de injeção, em minutos, para os tratamentos analisados foram de: 18,10 para o Venturi A; 13,43 para o Venturi B; 4,14 para a bomba centrífuga e 1,49 para o tanque pressurizado. Analisando os tempos de injeção, verifica-se que os mesmos não influenciaram nos valores dos CUC da distribuição de potássio pelo sistema de irrigação. Na tentativa de aumentar o CUC do potássio em relação ao obtido anteriormente, quando o

sistema de irrigação tinha sido recentemente instalado, utilizando a bomba centrífuga, aumentou-se o volume de calda de 30 para 120 litros, seguindo a proposta de Camargo (2010), que havia verificado que maiores volumes de calda proporcionavam maior uniformidade de distribuição de potássio na área estudada.

Os valores menores dos CUC da água de irrigação e da distribuição de potássio na área observados na segunda coleta podem ser atribuídos ao tempo de uso e falta de manutenção do sistema de irrigação, pois foram observados vários danos mecânicos nas tubulações, entupimentos dos emissores, vazamentos nas conexões e nas fitas gotejadoras, por conta da falta de um manejo adequado e de lavagem do sistema de irrigação.

Nakayama e Bucks (1986) comentam que a uniformidade de distribuição do fertilizante é aproximadamente igual à uniformidade de distribuição da água, e que um pré-requisito para uma boa uniformidade de distribuição é o emissor apresentar uma descarga uniforme. Se o sistema de irrigação tiver sido devidamente projetado e estiver operando corretamente, a uniformidade de distribuição do fertilizante pode ser tão boa quanto a uniformidade de distribuição da água.

Segundo Matovani, Bernardo e Palaretti (2009), para que o produtor obtenha uma uniformidade de irrigação dentro dos limites estabelecidos para cada sistema de irrigação, é fundamental a implantação preventiva e corretiva do mesmo, ainda mais quando se utiliza para a prática da quimigação. Sendo assim, não havendo tais procedimentos, pode resultar em uma menor uniformidade de distribuição de água e nutrientes, implicando numa redução da produção, desperdício de adubos químicos ou orgânicos, agrotóxicos, contaminação dos recursos naturais e elevação dos custos de produção (COSTA; VIEIRA; VIANA, 1994).

Antunes *et al.* (2000), estudando a avaliação da uniformidade de distribuição de nitrogênio e potássio na água de irrigação por gotejamento, utilizando uma bomba injetora, verificaram que o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição médio da água foi de 85,5%, do nitrogênio foi de 80,0% e para o potássio de 81,3%, ou seja, valores inferiores ao da água. Ainda segundo os autores, fatores como condições de implantação do projeto de irrigação, vida útil do equipamento e periodicidade de manutenção, destacam-se como possíveis causas de problemas de baixas uniformidades de distribuição num sistema de irrigação por gotejamento. Existe também, a preocupação quanto a concentração a ser utilizada na calda e a pressão de operação ideal do sistema de irrigação quando da utilização da fertirrigação, visando a prevenção da baixa uniformidade de distribuição de fertilizantes e possíveis entupimentos nas linhas de gotejadores

Pinto e Brito (2010) ressaltam algumas das consequências para a baixa uniformidade de distribuição de fertilizantes e de agrotóxicos: a variabilidade da produção, devido à aplicação irregular do adubo, causando déficit de nutrientes em algumas plantas; o controle ineficiente de pragas ou doenças e a contaminação do ambiente.

6.2 Experimento II: Uniformidade de distribuição de potássio com diferentes idades de utilização do sistema de irrigação

Na Tabela 12, pode-se observar o comportamento da uniformidade de distribuição de potássio, com o injetor Venturi A, para diferentes idades de utilização do sistema de irrigação e seus respectivos tempos de injeção com um volume de calda de 30 litros, e os valores dos CUC, tanto da água como do potássio.

Tabela 12 – Valores médios dos CUC da água e do potássio, para o injetor Venturi A para diferentes idades de utilização do sistema de irrigação, Cruz, Ceará, 2011

Volume de calda (L)	Tratamento	Idade do sistema	CUC % (água)	CUC % (potássio)	Tempo de injeção (min)	Tempo do fertilizante chegar na área (min)	Tempo total (min)
30	Venturi A	Novo	95,42	94,66	18,10	5,48	39,34
		6 meses	85,61	67,42	17,53	6,11	40,22
		1 ano	78,89	64,79	17,00	6,52	43,10

* Pressão de serviço do sistema de irrigação após o filtro: 140 kPa

Verifica-se que os valores médios obtidos para os CUC da água e do potássio, utilizando o injetor Venturi A em diferentes idades de utilização do sistema de irrigação foram de: 95,42; 85,61 e 78,89% para a água de irrigação e de 94,66; 67,42 e 64,79% para a distribuição de potássio, e que os tempos de injeção da calda fertilizante foram, respectivamente, de: 18,10; 17,53 e 17,00 minutos, para o sistema de irrigação novo, após seis meses e após um ano de uso. O tempo total de funcionamento do sistema de irrigação para aplicação do potássio na área estudada nos diferentes tempos de uso do sistema de irrigação foi em média 41,28 minutos. Já, o tempo médio gasto para que o fertilizante chegasse à área foi 6,03 minutos. No último teste, realizado após um ano de uso do sistema de irrigação, o tempo total de funcionamento do sistema de irrigação para aplicação do potássio na área foi 43,10 minutos, que consistiu de 7,17 minutos para a pressurização do sistema, 17 minutos para injeção do fertilizante no sistema de irrigação, em que desse valor, 6,52 (seis) minutos foram para o fertilizante chegar até a área, e 25,45 minutos para a distribuição do fertilizante e a lavagem do sistema.

De acordo com Keller e Bliesner (1990), o procedimento comum de aplicação de fertilizante consiste de três fases, com o tempo de funcionamento do sistema de irrigação, no que diz respeito à operação de fertirrigação, sendo subdividido em três etapas. A primeira é necessária para que a água chegue a todos os pontos do sistema de irrigação e ocorra a consequente estabilização da carga hidráulica no sistema de irrigação, já a segunda é

compreendida entre o início e o fim da operação de injeção da solução de fertilizantes, e a terceira, e última etapa, é a responsável pela lavagem do sistema, que deverá ser prolongada até que os resíduos dos nutrientes aplicados sejam retirados do sistema pela água de irrigação.

Na Tabela 12, verifica-se que o sistema de irrigação, após um ano de uso, apresentou baixo índice de distribuição de água, refletindo, em uma má distribuição uniformidade de distribuição do potássio. As reduções ocorridas nos valores médios dos CUC da água de irrigação e do potássio, após o sistema de irrigação ser utilizado durante um ano, foram de 17, 32 e 31,55%, respectivamente.

Os valores baixos dos CUC, relativos à distribuição da água do potássio na área, devem-se ao tempo de uso e a falta de manutenção do sistema de irrigação, pois foram observados danos mecânicos nas tubulações, entupimentos dos emissores, vazamentos nas conexões e nas fitas gotejadoras, por conta da falta de um manejo adequado e de lavagem do sistema de irrigação.

Alves (1992), Sampaio *et al.* (1997) e Zanini (1989) indicam que a uniformidade de distribuição de fertilizantes difere de acordo com estado e com o tempo de uso do sistema de irrigação com fertirrigação, devido a resíduos de produtos utilizados em fertirrigações anteriores, provocados pelo fluxo laminar de água no final das linhas laterais e entupimentos dos emissores.

A aplicação de fertilizantes, tradicionalmente usados em adubação convencional pelos produtores na fertirrigação, por não serem muito apropriados para a tal técnica, tem provocando sérios problemas como entupimento dos emissores e, conseqüentemente, redução na eficiência da fertirrigação.

As obstruções provocam grande variação de vazão nos gotejadores e não afetam com igualdade todos os emissores do sistema, introduzindo um novo fator de variação, que, se somada à variação de fabricação e do projeto hidráulico, tem como consequência a redução na uniformidade de distribuição de água e também de fertilizantes, no caso de uso da fertirrigação (NAKAYAMA; BUCKS, 1986).

Os resultados evidenciam que o CUC da distribuição de potássio foi menor do que o encontrado para a água de irrigação, essa diferença pode ser esclarecida por Bracy, Parish e Rosendale (2003), Burt *et al.* (1997) e Rolston *et al.* (1981). Segundo esses autores, essa variação ocorrida entre os valores do CUC da distribuição do potássio e da água de irrigação pode está relacionada com: o grau de agitação ou mistura da solução no tanque, a concentração de aplicação, solubilidade e pureza dos produtos quimigados, a qualidade da

água de irrigação, quanto a presença de bicarbonatos, carbonatos e sulfatos, a variação da taxa de injeção da solução e variação da vazão no sistema de irrigação durante a fertirrigação.

Baixos índices de distribuição de água de irrigação e de potássio foram observados por Camargo (2010), ao avaliar uniformidade de distribuição do potássio em um sistema de irrigação por gotejamento, sob diferentes volumes de calda, em condições de campo. De acordo com a autora, os índices baixos verificados foram devidos a problemas de vazamentos, cortes das linhas laterais, entupimentos de emissores e falta de lavagem do sistema. A autora acrescenta ainda, que a baixa uniformidade de distribuição de fertilizante pode provocar a redução e variação da produção, devido à aplicação irregular do adubo e da água, causando a falta de nutrientes em algumas plantas.

Stone *et al.* (1994), avaliando a uniformidade de distribuição da água por um pivô central durante uma quimigação com inseticida, encontraram valor de 93,5% para o CUC de distribuição de água e de 83,9% para a distribuição do agrotóxico.

Garcia (2012), avaliando a distribuição de potássio em diferentes volumes de calda de fertirrigação por um sistema de irrigação por gotejamento instalado no campo a mais de cinco anos, constatou que o CUC da água de irrigação foi maior que o do fertilizante, sendo 85,23% para o da água de irrigação e de 77,24% para a distribuição do fertilizante.

A boa uniformidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação na área de cultivo, nem sempre é observada da mesma forma para a uniformidade de aplicação dos produtos quimigados, principalmente, em sistemas de irrigações com longos tempos de uso. Capacitar o produtor para o bom manejo da fertirrigação e alertá-lo para a necessidade de manutenção periódica do sistema de irrigação, não irão resultar só em melhoria na uniformidade de aplicação de água e de fertilizantes, mas também no aumento da produtividade e da qualidade dos produtos, diminuição dos custos de produção e impactos ambientais e aumento da renda líquida.

6.3 Experimento III - Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro amarelo

O resumo da análise de variância para as diferentes frequências de fertirrigações com potássio, que foram avaliadas neste trabalho, revelaram efeitos significativos (Tabela 13), em nível de significância de 5% pelo teste F, para: massa dos frutos (MF), produtividade comercial (PC) e teor de sólidos solúveis (SS).

Tabela 13 – Análise de variância da massa dos frutos (MF), produtividade comercial (PC) e teor de sólidos solúveis (SS) do meloeiro amarelo em função de diferentes frequências de fertirrigação com potássio, Cruz, Ceará, 2010

Fonte de variação	GL	Quadrado médio (F)		
		MF	PC	SS
Tratamento	5	0,21 (10,78*)	171,58 (17,71*)	3,21 (9,45*)
Bloco	3	0,0087 (0,45 ^{ns})	3,43 (0,35 ^{ns})	0,35 (1,01 ^{ns})
Resíduo	12	0,0192	9,68	0,34
Total	20			
CV %		8,87	11,48	4,92

(GL) – Grau de liberdade; (ns) – não significativo; (CV) – Coeficiente de variação; * Significativo pelo teste F a nível de 5% de probabilidade

Ao analisar o efeito das diferentes frequências de fertirrigações sobre a massa dos frutos, por meio da análise de regressão, constatou-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear crescente, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,66 (Figura 20). Verifica-se que o maior valor estimado pela equação obtida pela regressão para a massa dos frutos (1,85 kg) foi alcançado com a fertirrigação diária (64F). Ou seja, a massa dos frutos aumentou com o crescimento da frequência de fertirrigação, refletindo diretamente na massa dos frutos do meloeiro amarelo. Esse resultado pode estar relacionado à disponibilidade do nutriente na solução do solo, na forma trocável, na eficiência de absorção da planta e na redução da lixiviação promovidas pela maior frequência de fertirrigação de potássio (64F), proporcionando incremento na área foliar da planta, exercendo efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na massa dos frutos (MEURER, 2006). A diferença observada entre a massa dos frutos do meloeiro amarelo com a menor e com a maior frequência de fertirrigação durante o ciclo da cultura foi de 41,5%.

Para Natale (1996) e Prabhakar *et al.* (1985), esse aumento na massa dos frutos deve-se ao potássio participar nas atividades metabólicas relativas à síntese e ao transporte de

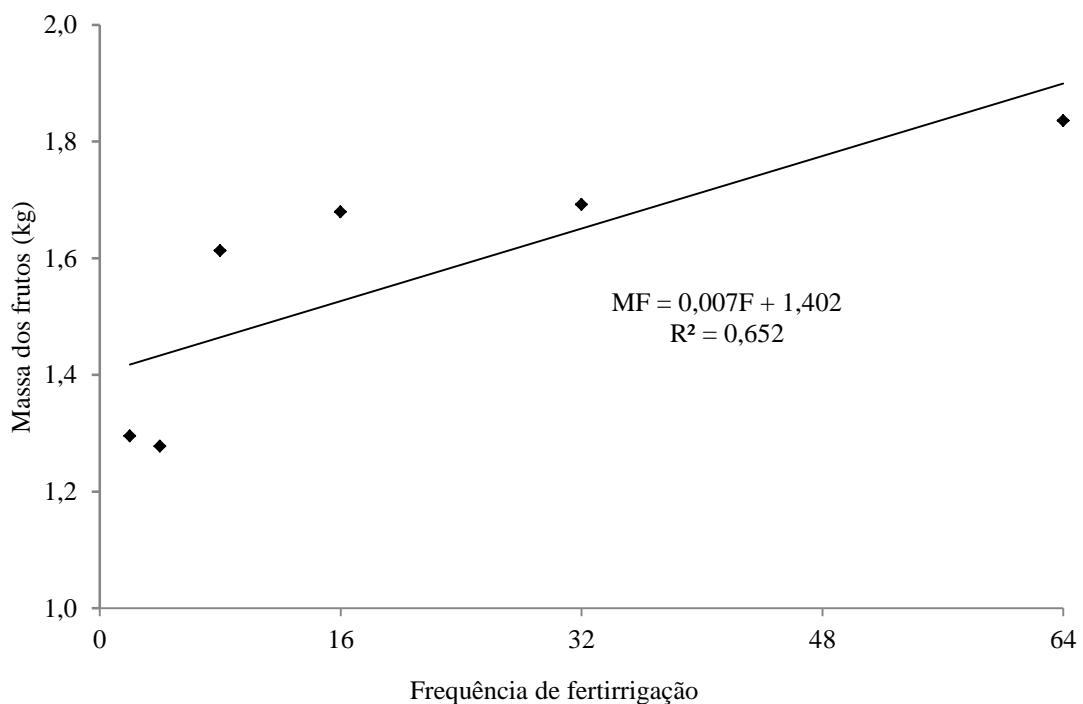
carboidratos e água para os frutos, favorecendo assim um aumento no tamanho e no peso dos frutos.

A influência da frequência da fertirrigação sobre a massa dos frutos também foi constatada por Teixeira *et al.* (2002), ao avaliarem o efeito do parcelamento da adubação com NPK em abacaxizeiro. De acordo com os autores, a massa dos frutos variou de 2,55 a 2,84 kg e cresceu com o aumento do parcelamento das adubações.

Segundo Filgueira (2000), para o mercado interno brasileiro, são preferidos melões maiores, com massa unitária próxima de 2,0 kg, sendo aceita uma variação de 1,0 a 2,0 kg. Para o mercado externo, os frutos menores são preferidos e mais comerciais, com peso variando de 1,0 a 1,5 kg (DUSI, 1992). Diante destas informações, admite-se que os frutos produzidos no experimento podem atender aos mercados interno e externo.

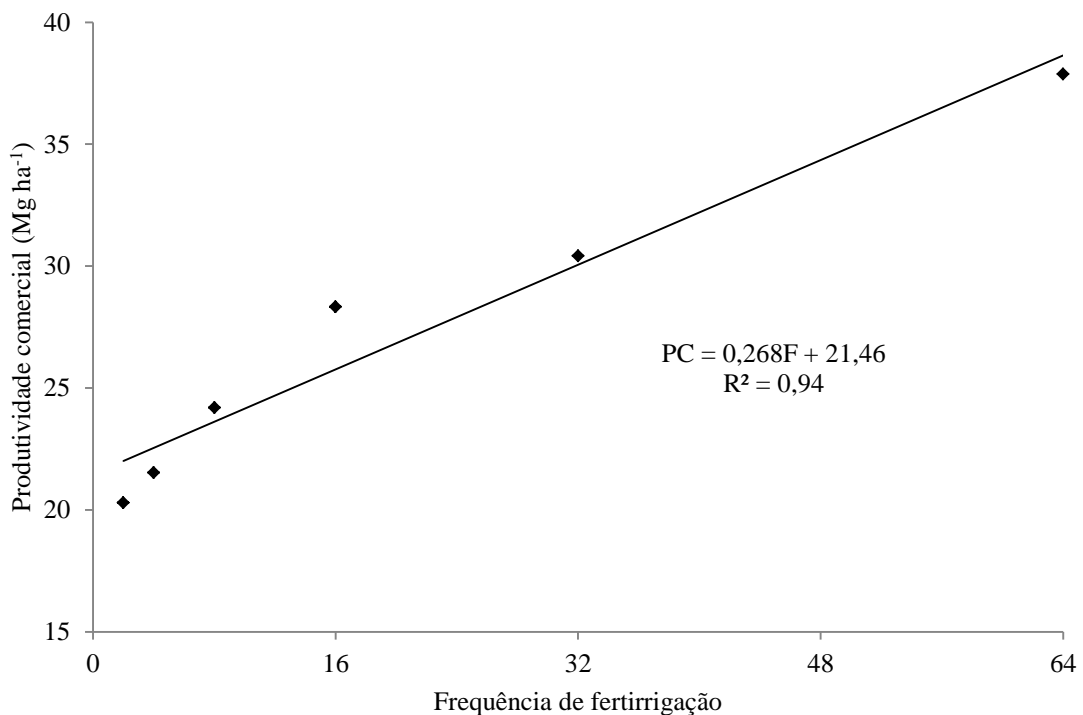
Comportamento diferente à desse estudo foi encontrado por Koetz, *et al.* (2006), em ambiente protegido, ao avaliarem quatro diferentes frequências de adubação potássica na produção do meloeiro. A frequência F1 constituiu de quatro aplicações, F2 de cinco aplicações, F3 de seis aplicações e F4 de sete aplicações. Esses autores concluíram que a massa dos frutos não diferiu estatisticamente entre os tratamentos estudados. Possivelmente, esse resultado pode ser atribuído ao parcelamento das aplicações, que ficou em uma faixa muito restrita, diferente do presente trabalho, que o parcelamento variou de 1 (uma) a 64 aplicações.

Figura 20 – Massa dos frutos (MF) do meloeiro amarelo em função da frequência de fertirrigação potássica, Cruz, Ceará, 2010



Para as frequências de fertirrigações testadas, a produtividade apresentou significância, em nível de 5% pelo teste F, ajustando-se também a uma equação linear crescente, com R^2 de 0,94 (Figura 21). O valor máximo estimado pela equação para a produtividade ($38,61 \text{ Mg ha}^{-1}$), foi obtido com o tratamento referente a frequência de 64 fertirrigações potássica, ou seja, aplicação diária durante todo o ciclo da cultura (Figura 15). Esta produtividade está próxima das verificadas por Campelo (2012) e Fernandes, Rodrigues e Testezlaf (2003), que obtiveram produtividades da ordem de $37,09 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $42,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente, ao trabalharem com a cultura da melão irrigado por gotejamento. O incremento observado na produtividade do meloeiro entre a menor e a maior frequência de fertirrigação durante o ciclo da cultura foi de 87,5%. A maior produtividade do meloeiro registrada com o tratamento 64F pode estar associada à melhor distribuição do potássio ao longo do ciclo, proporcionando um aproveitamento mais eficiente, uma vez que a exigência desse nutriente pela planta varia a cada estágio de desenvolvimento (PAPADOPOULOS, 1999).

Figura 21 – Produtividade comercial (PC) do meloeiro amarelo em função da frequência de fertirrigação potássica, Cruz, Ceará, 2010



Os menores valores de produtividade do meloeiro amarelo obtidos com o tratamento de menor frequência de aplicação podem estar associados a concentrações

elevadas de potássio, principalmente, poucos dias após a aplicação, o que provavelmente pode ter causado desequilíbrio nutricional e, conseqüentemente redução na produção dos frutos.

Segundo Borges *et al.* (2006) e Coelho *et al.* (2004), as menores frequências de fertirrigação podem levar a rendimentos inferiores das culturas, devido à incapacidade da planta em absorver todo o nutriente aplicado no solo, além de acarretar elevação do potencial osmótico do solo ou a salinidade do solo. Segundo Malavolta (2002), o excesso de potássio pode provocar a menor absorção de magnésio e de cálcio pelas culturas, pelo antagonismo entre nutrientes, ocasionando redução na produtividade da cultura.

De acordo com Sousa (1993), além da melhor distribuição ao longo do ciclo, a aplicação de potássio por fertirrigação, pode reduzir as perdas por lixiviação, favorecendo um melhor desenvolvimento e distribuição do sistema radicular. O autor afirma ainda que os efeitos favoráveis da maior frequência de aplicação de nutrientes sobre o rendimento também podem ser influenciados pelo sistema de irrigação e pelo controle da umidade do solo na zona radicular.

A maior produtividade com o uso de fertirrigações mais frequentes, também, foi verificada por Fernandes, Rodrigues e Testezlaf (2003) em ambiente protegido e por Pinto *et al.* (1994) em condições de campo, que conseguiram maior produtividade do melão com aplicação diária de nutrientes, evidenciando a importância da frequência elevada de aplicação de nutrientes na produtividade da cucurbitácea. Pinto *et al.* (1994) salientam ainda que, em solos arenosos, a realização da fertirrigação requer um controle criterioso em termo de doses e parcelamento do potássio, sendo exigido conhecimento da dinâmica da água e dos íons e de seus efeitos no sistema solo-planta. Incrementos na produtividade, proporcionados pelo maior parcelamento da adubação potássica via água de irrigação, foram constatados por Teixeira *et al.* (2002) com abacaxizeiro e Fernandes; Araújo; Corá (2002) com tomateiro sob cultivo protegido.

Campelo (2012), estudando o manejo da cultura do melão, submetida a diferentes frequências de irrigação e fertirrigação com N e P, observou que a aplicação diária de nitrogênio proporcionou maior produtividade. Entretanto, não foi observado o mesmo comportamento para o fósforo, que, independente do parcelamento, com aplicações diárias (64 aplicações) ou não, a produtividade do melão não foi influenciada.

Fernandes (2012), trabalhando com outra olerícola, a cultura da melancia, verificou diferença significativa para frequência de fertirrigação nitrogenada por gotejamento, na produção comercial dos frutos. Segundo o autor, a frequência diária proporcionou melhores resultados, quando comparada com as menores frequências de fertirrigação: 2F, 4F,

8F, 16F e 32F. Andrade Júnior *et al.* (2007) salientam que, para diversas espécies oleráceas, como por exemplo o melão, o parcelamento da fertirrigação tem proporcionado maiores incrementos na produtividade em relação à aplicação convencional, sendo essa afirmação confirmada no presente estudo.

É de suma importância saber que o parcelamento da adubação durante o ciclo da cultura, assim como, sua aplicação diretamente na zona efetiva do sistema radicular, é responsável por reduzir as perdas por lixiviação, escoamento superficial e volatilização, fornecendo os nutrientes no momento e em quantidades mais adequadas para as plantas, aumentando assim a eficiência da adubação, uma vez que as exigências dos nutrientes pelas plantas variam em seus diversos estádios de desenvolvimento (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2007; PAPADOPOULOS, 1999).

Segundo Pizarro (1996), a cultura a ser fertirrigada é um fator decisivo na definição da frequência de fertirrigação. Para o autor a aplicação de fertilizantes deve ser feita com a mesma frequência de irrigação. O autor salienta que, para as culturas de ciclo curto, como as hortaliças e culturas anuais, a frequência de fertirrigação deve ser maior. Para as fruteiras de ciclo anual, os fertilizantes podem ser aplicados via água de irrigação com menor frequência ou na mesma frequência de irrigação.

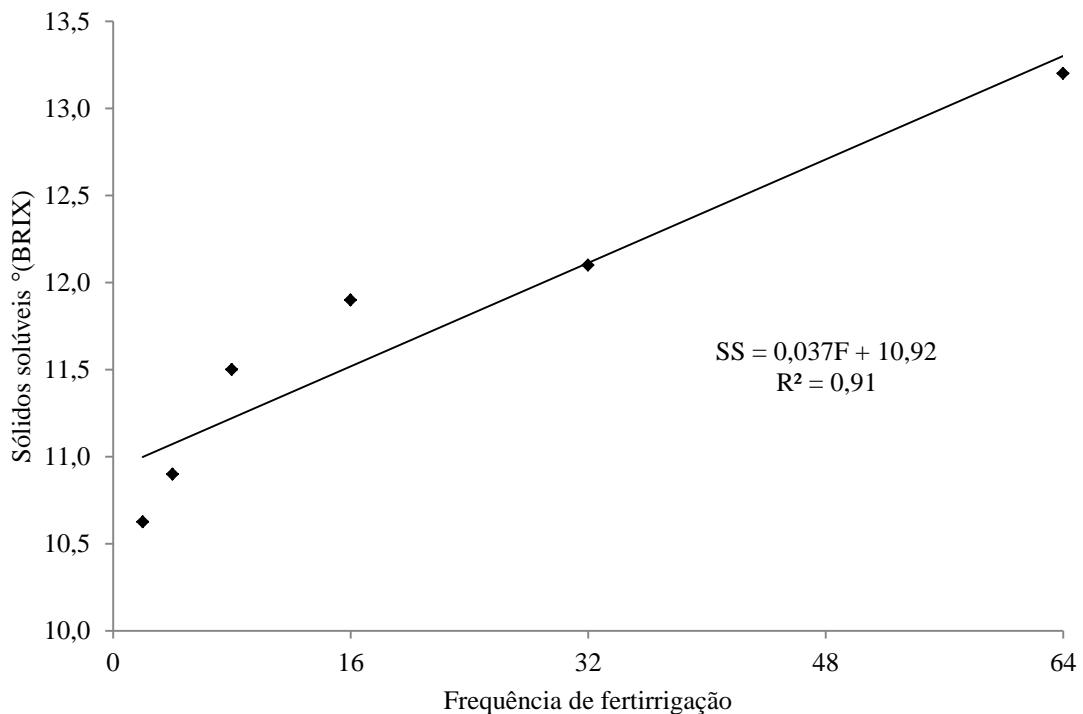
Diante do exposto, trabalhos realizados com diferentes culturas têm comprovado que a fertirrigação diária apresenta melhores resultados do que a fertirrigação semanal ou quinzenal. Por outro lado, trabalhando em condições de campo, Andrade Júnior *et al.* (2007) utilizando as seguintes frequências: F1 - diária; F2 - a cada dois dias; F3 - a cada três dias; F4 - a cada quatro dias e F5 - a cada cinco dias, não encontraram efeito significativo na produtividade total ou na comercial da cultura da melancia sob diferentes frequências de fertirrigações de potássio.

Koetz, *et al.* (2006), avaliando quatro diferentes frequências de aplicação de potássio na cultura do melão, sendo 4, 5, 6 e 7 aplicações durante o ciclo, observaram, diferente desse estudo, que não houve efeito significativo do fator frequência de fertirrigação em nenhuma das características de produção avaliadas.

Além dos aspectos quantitativos, fatores qualitativos da produção são fundamentais no cultivo do melão para o consumo *in natura*. A partir da análise de regressão, verificou-se que o modelo linear foi o que melhor se ajustou, com $R^2 = 0,91$, para relacionar o teor de sólidos solúveis com as frequências de fertirrigação com potássio, obtendo-se a seguinte equação: $SS = 0,037F + 10,92$ (Figura 22). O teor de sólidos solúveis aumentou de forma linear com o aumento da frequência de aplicação da dose de potássio. Os valores

médios obtidos nesta pesquisa para SS estão dentro da faixa estabelecida por Srinivas e Prabhakar (1984) para a cultura melão, que se situa entre 9 e 13 °Brix. Nessa pesquisa, obteve-se valor máximo estimado pela equação foi de 13,29 °Brix, obtido com o tratamento 64F. Esse resultado ratifica os de Fernandes e Grassi (2003) e Filgueira (2000) sobre a influência do potássio nas características qualitativas do melão. Segundo Granjeiro *et al.* (1999), os valores para o SS obtidos com os tratamentos estudados 32F e 64F de 12,1 e 13,2 °Brix, respectivamente, são considerados ótimos para a comercialização.

Figura 22 – Sólidos solúveis (SS) dos frutos do melão, para diferentes frequências de fertirrigação potássica, Cruz, Ceará, 2010



Farias (1990) e Katayama (1993) encontraram respostas significativas para a influência do potássio sobre o teor de sólidos solúveis nos frutos de melão. Os autores afirmam que o potássio atua no peso dos frutos, em virtude de seu papel vital na translocação de carboidratos, tendo também um papel importante no aumento do teor de sólidos solúveis.

Avaliando a fertirrigação mineral (NPK) e organomineral (biofertilizante a base de madeira de pinho, composto de lixo urbano e cama de frango) na qualidade do meloeiro cultivado em estufa, Fernandes, Rodrigues e Testezlaf (2003) observaram que os maiores valores de sólidos solúveis foram obtidos com a aplicação diária dos nutrientes, para ambas as fontes avaliadas.

Costa *et al.* (2003), avaliando nove cultivares de melão fertirrigados, em Juazeiro, Bahia, utilizaram a dosagem de 120 kg ha⁻¹ de P, sob a forma de fosfato monoamônico (MAP), parcelado em 36 aplicações, até os 50 dias após o transplântio. Os autores observaram que houve diferença estatística para o °Brix entre as cultivares testadas, sendo a cultivar Rochedo a que apresentou o maior valor, 11,40°Brix, ou seja, inferior aos valores máximos de SS encontrados no presente trabalho, que foram de 12,10 e 13,29 °Brix, obtidos com os tratamentos com 32 e 64 fertirrigações.

Importante salientar que a maior disponibilidade de potássio na solução do solo, promovida por maiores frequências de aplicação do nutriente durante o ciclo da cultura, maior quantidade do mesmo será absorvido pela planta, ocasionando efeito direto nas características organolépticas dos frutos.

Resultado similar ao atual foi apontado por Sousa (1993), que avaliou diferentes frequências de aplicação de potássio via irrigação por gotejamento no meloeiro, utilizando as seguintes frequências: diária; a cada dois; três; quatro e cinco dias, concluindo que a concentração de SS diferiu entre os tratamentos estudados. No entanto, observou que a frequência diária de aplicação proporcionou maiores valores de SS.

Campelo (2012) e Fernandes (2012), ambos avaliando seis frequências de aplicação de nitrogênio, respectivamente, nas culturas do melão e da melancia, verificaram que houve diferença estatística para o °Brix entre os tratamentos testados, sendo os maiores valores de 12,73 e 11,78 °Brix, obtidos nos tratamentos com 64 fertirrigações. Os autores também avaliaram a influencia das mesmas frequências de aplicação no teor de sólidos solúveis, das respectivas culturas, utilizando o fósforo, mas observaram que não houve influencia dos tratamentos testados para a variável analisada.

Resultados divergentes ao da presente pesquisa foram encontrados por Andrade Júnior *et al.* (2007) para a cultura da melancia em condições de campo e por Koetz *et al.* (2006) para o meloeiro em ambiente protegido, pois os tratamentos não influenciaram na qualidade química dos frutos no que se refere ao teor de sólidos solúveis. Coelho *et al.* (2001), estudando os efeitos de níveis de N e K aplicados por gotejamento na cultura do meloeiro, não encontraram diferença estatística significativa para a variável teor de sólidos solúveis nos frutos de melão.

A resposta linear, com incrementos positivos para as variáveis estudadas, massa do fruto (MF), produtividade comercial (PC) e teor de sólidos solúveis (SS), pode ser explicada com base em Coelho *et al.* (2001), que verificaram, em áreas irrigadas com métodos localizados, que o sistema radicular apresenta alto potencial de absorção, visto que há um

predomínio de raízes finas e muito finas que recebe os nutrientes num pequeno período de tempo, permitindo a absorção quase que simultânea, o que não é observado na aplicação diretamente no solo, onde apenas parte do sistema tem acesso aos nutrientes, requerendo um maior tempo para que haja mobilização dos mesmos no solo ou para o desenvolvimento das raízes em direção aos mesmos.

Na Tabela 14 estão dispostos os valores da análise de variância para o diâmetro polar (DP), diâmetro equatorial (DE), espessura da polpa (EP), espessura da casca (EC) e firmeza da polpa (FP) dos frutos de melão em função da frequência de fertirrigação potássica. As diferentes frequências de fertirrigação potássica não influenciaram significativamente em nível de 5% pelo teste F as referidas variáveis.

Tabela 14 – Valores da análise de variância para diâmetro polar (DP), diâmetro equatorial (DE), espessura da polpa (EP), espessura da casca (EC) e firmeza da polpa (FP) em função de diferentes frequências de fertirrigação do potássio, Cruz, Ceará, 2010

Fonte de variação	GL	Quadrado médio (F)				
		DP	DE	EP	EC	FP
Tratamento	5	0,19 (1,35 ^{ns})	0,36 (1,07 ^{ns})	0,33 (2,77 ^{ns})	0,34 (0,65 ^{ns})	14,85 (2,21 ^{ns})
Bloco	3	0,48 (3,35 ^{ns})	0,19 (0,56 ^{ns})	0,10 (0,86 ^{ns})	0,42 (0,80 ^{ns})	3,82 (0,56 ^{ns})
Resíduo	12	0,14	0,33	0,12	0,52	6,72
Total	20					
CV %		2,58	3,83	10,13	17,08	6,11

(GL) – Grau de liberdade (ns) – não significativo (CV) – Coeficiente de variação

O efeito não significativo para as variáveis DP e DE pode ser devido ao fato que o potássio não exerce grande influência no formato dos frutos do meloeiro (BHELLA; WILCOX, 1986), atuando principalmente no peso dos frutos e no teor de sólidos solúveis (FARIAS, 1990; KATAYAMA, 1993).

Analisando a relação entre DP e DE (índice de formato do fruto, IFF), os frutos oriundos do experimento apresentaram formato esférico ($IFF \leq 1,0$), de acordo com a classificação proposta por Lopes (1982), que os organiza em: esféricos ($IFF \leq 1,0$), oblongos ($1,1 \leq IFF < 1,7$) e cilíndricos ($IFF > 1,7$).

Os valores médios obtidos no experimento para DP e DE foram de 14,81 e 15,04 cm, respectivamente. Em melão, o índice de formato é atributo de qualidade importante na classificação e padronização, podendo determinar a aceitação e valorização do produto para o mercado consumidor. Ele também define a embalagem e o arranjo dos frutos em seu interior.

Para Purquerio e Cecílio Filho (2005), frutos com índice de formato próximo da unidade são preferidos, visto que acima desse valor (alongado) e abaixo dele (achatado) provoca comprometimento para a acomodação nas embalagens.

Os valores das espessuras da casca e da polpa, que também não sofreram influências dos tratamentos aplicados, apresentaram valores médios de 0,42 cm e 3,42 cm, respectivamente. O fato da espessura da casca não ter sofrido influência dos tratamentos aplicados, também se deve ao fato do potássio não exercer influência sobre a mesma, e sim, o fósforo. Tal fato pode ser explicado baseado na afirmativa de Taiz e Zeiger (2009) de que uma das funções do fósforo na planta está na composição da membrana vegetal. Com base na afirmação, Campelo (2012) e Fernandes (2012), estudando o efeito de diferentes frequências de aplicações de fósforo, via água de irrigação, nas culturas do melão e da melancia, respectivamente, verificaram que os maiores valores de espessura da casca foram obtidos com os tratamentos que apresentavam as maiores frequências de aplicação de fósforo, 64 aplicações ao longo do ciclo, para ambas as culturas avaliadas.

A espessura da casca trata-se de uma importante característica do ponto de vista do transporte e da conservação dos frutos do melão. Sabe-se que os frutos com espessura muito fina da casca apresentam menor resistência ao transporte, sendo assim preferíveis frutos com a casca mais espessa, visto que estes são mais resistentes e apresentam menor risco de rompimento durante o manuseio e o transporte.

Os valores médios para a EC foram semelhantes aos obtidos por Sandri *et al.* (2007) com o híbrido F1 Jangada, em Anápolis, Goiás. Segundo os autores, a vida útil do fruto aumenta com o aumento da EC em decorrência da redução da perda de água e do impedimento ou diminuição da possibilidade de entrada de pragas ou patógenos. Entretanto, quando a EC é demasiadamente grande, pode representar perda da parte comestível para o consumidor, o que seria um fator negativo.

Para a espessura da polpa, foi verificado valor um pouco inferior aos obtidos, para frutos de meloeiro híbridos, em outros trabalhos. Miranda *et al.* (2003), trabalhando com o híbrido *Gold Mine*, nas condições de Mossoró, Rio Grande do Norte, obtiveram espessura da polpa variando de 3,80 a 3,84 cm. Sobre essa variável, Siqueira *et al.* (2009) afirmam que, mesmo não existindo uma escala comparativa e classificatória para a EP, este é um dos atributos que distinguem os frutos mais resistentes ao transporte e à degradação pós-colheita. A firmeza da polpa é um atributo de qualidade importante para os frutos de melão amarelo, em razão dos frutos com maior firmeza serem mais resistentes às injúrias mecânicas durante o transporte e a comercialização (GRANGEIRO *et al.*, 1999).

Para a característica firmeza da polpa (FP), apesar de se ter observado um comportamento homogêneo dos dados para as diferentes frequências de fertirrigação potássica aplicadas, o maior valor absoluto obtido foi de 43,03 N. De acordo com Filgueiras (2000), o valor está acima do recomendado para exportação para o tipo de melão estudado, pois a faixa recomendada é de 24 a 40 N. A firmeza da polpa, apesar de ser um parâmetro físico, está relacionada com a solubilização de substâncias pécticas, as quais, segundo Chitarra e Chitarra (1990), quando em grande quantidade, conferem textura frágil aos frutos.

A firmeza da polpa é considerada o critério de qualidade física mais significativo na comercialização internacional, pois, geralmente, o consumidor prefere polpas firmes ao invés de brandas ou aquosas, assim como as de alto teor de açúcar (FOLEGATTI *et al.*, 2004). Os mesmos autores relatam que os principais fatores que afetam a firmeza da polpa do melão estão associados à absorção e à translocação de cálcio em primeiro lugar e do potássio em segundo.

6.3.1 Análise econômica

As receitas líquidas derivadas das análises econômicas para cada tratamento avaliado podem ser visualizadas na Figura 23.

Os custos totais para os tratamentos 2F, 4F, 8F, 16F, 32F e 64F foram, respectivamente, de 8.468,99; 8.523,36; 8.632,11; 9.213,71; 9.284,61 e 10.154,61 R\$ ha⁻¹. O preço de venda do melão para o produtor foi de 0,60 R\$ kg⁻¹, correspondente a 60% do preço de atacado (R\$ 1,00) obtido junto ao mercado local, CEASA, em janeiro de 2011. Com esses dados, as receitas líquidas estimadas foram equivalentes a: -1.164,59; -776,16; 76,29; 985,09; 1.666,59 e 3.478,59 R\$ ha⁻¹.

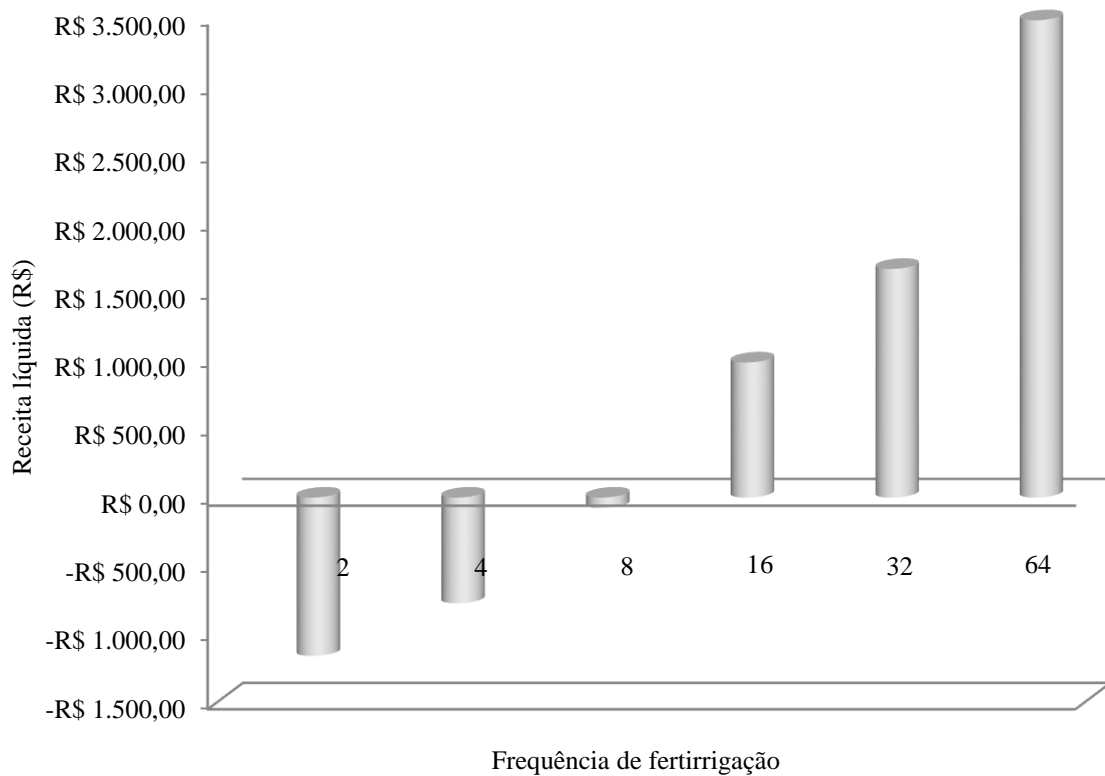
Observa-se que os tratamentos 8F, 16F, 32F e 64F apresentaram a possibilidade de obtenção de lucro pelos produtores de melão amarelo. Enquanto, os tratamentos 2F e 4F seriam provocadores de prejuízos financeiros para os produtores.

Em conformidade com esse trabalho, Campelo (2012), ao fazer uma análise econômica da avaliação de diferentes frequências de fertirrigação com nitrogênio na cultura do melão, verificou que a melhor rentabilidade para o produtor foi obtida com 64 fertirrigações ao longo do ciclo do meloeiro, ou seja, diária.

O tratamento 64F, pelas estimativas realizadas, maximizaria a receita líquida para o produtor, com um valor positivo de R\$ 3.478,59. Já o tratamento que apresentaria maior prejuízo seria o 2F, com um valor negativo, para a receita líquida, estimado em R\$ 1.164,59.

Os resultados da análise econômica apresentados na Figura 22 evidenciam que o parcelamento da adubação potássica, por meio da fertirrigação, trata-se de uma excelente alternativa na busca por ganhos de produtividade e incrementos de receita para o produtor.

Figura 23 – Receita líquida do meloeiro amarelo em função da frequência da fertirrigação potássica (2, 4, 8, 16, 32 e 64 fertirrigações), Cruz, Ceará, 2010



7 CONCLUSÕES

7.1 Experimento I: Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes tipos de injetores

O tipo de injetor utilizado na fertirrigação exerce influência significativa na uniformidade de aplicação do potássio pelo sistema de irrigação.

Os maiores tempos de injeção do fertilizante proporcionam maior uniformidade de distribuição do potássio.

7.2 Experimento II: Uniformidade de distribuição de potássio com diferentes idades de utilização do sistema de irrigação

A falta de manutenção do sistema de irrigação afeta negativamente a uniformidade de aplicação da água e de potássio.

A uniformidade de aplicação do fertilizante foi afetada negativamente após o sistema de irrigação apresentar seis meses de uso sem uma manutenção adequada.

7.3 Experimento III: Frequência de fertirrigação potássica no meloeiro amarelo

As diferentes frequências de fertirrigação potássica ao longo ciclo de cultivo do meloeiro amarelo afetaram significativamente a massa dos frutos, a produtividade comercial e o teor de sólidos solúveis. E, não exerceu essa mesma influência para as variáveis: diâmetros polar e equatorial, espessuras da casca e da polpa e firmeza da polpa.

A frequência de fertirrigação diária com potássio proporcionou aumento: na massa do fruto; na produtividade comercial e no teor de sólidos solúveis do meloeiro amarelo.

A receita líquida do produtor foi influenciada pelas diferentes frequências de fertirrigação potássica

8 RECOMENDAÇÕES

Os produtores devem buscar uma adequada calibração do sistema de injeção de fertilizantes, de forma a conseguir uma boa aplicação dos nutrientes pelo sistema de irrigação. Salientando-se que os maiores tempos de injeção dos fertilizantes, pelo acréscimo no volume de calda ou pela diminuição da taxa de injeção, podem aumentar a uniformidade de aplicação dos nutrientes.

Outro fator que o produtor deve atentar para o sucesso desta tecnologia, a quimigação, é a manutenção periódica dos equipamentos de injeção para aplicação dos produtos quimigados e do sistema de irrigação utilizado.

Os produtores de melão da região estudada podem optar pela fertirrigação potássica diária, visando obterem uma maior produtividade e teor de sólidos solúveis.

REFERÊNCIAS

- ABÉU, J. M. H.; LÓPEZ, J. R.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. **Elriego localizado**. In: CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO LOCALIZADO. Tenerife, España, 1987. p.61-72.
- AKASHI, R. E.; WINTER, D. F.; GREUTER, E. On morphology and taxonomy of the genus *Cucumis* L. and MeloMill. **Feddes Repertorium**, v. 106, n.1, p. 155-159, 2001.
- ALBUQUERQUE JÚNIOR, B. S. **Efeito da aplicação de CO₂ na água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do melão (*Cucumis melo* L. var. *Reticulatus*) cultivado em ambiente protegido**. 2003. 65f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- ALMEIDA, O. A. de. **Equipamentos para injeção de fertilizantes**. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002, p.28-42.
- ALVES, D. N. B. **Desempenho da bomba injetora e do tanque de derivação de fluxo na aplicação de cloreto de potássio em microaspersão**. 1992. 72 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.
- ANDRADE, C.L.T.; GORNAT, B. **Calibração e operação de um tanque de fertirrigação**. Parnaíba: Embrapa CNPAI, 1992, 17p. (Embrapa – Circular Técnica, 3).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; DIAS, N. da S.; LIRA, R. B. de; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M.; ROSSINI, D. Frequência de aplicação de nitrogênio e de potássio via água de irrigação por gotejamento na cultura da melancia em Parnaíba, PI. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.3, p.1-7, 2007.
- ANJOS, J. B.; LOPES, P. R. C.; FARIA, C. M. B.; COSTA, N. D. C. Preparo e conservação do solo, calagem e plantio. In: SILVA, H. R.; COSTA, N. D. (Ed.). **Melão: produção e aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2003. cap. 7, p. 35-39. (Frutas do Brasil, 33).
- ANTUNES, R. C. B.; BONOMO, R.; PALARETTI, L. F.; MANTOVANI, E. C. Avaliação da uniformidade de distribuição de nitrogênio e potássio na irrigação por gotejamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ/MINASPLAN, 2000. p. 1490
- AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I. da; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.
- AZEVEDO, B. M. de; PINHEIRO, J. A.; MARINHO, A. B.; MESQUITA, J. B. R.; BRAGA, E. S.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A.; NUNES, A. C. Efeitos da insetigação na cultura do feijão vigna de cor preta. **Agropecuária Técnica** (UFPB), v. 31, p. 62-69, 2010.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

BHELLA, H. S.; WILCOX, G. E. Yield and composition of muskmelon as influenced by preplant and trickle applied nitrogen. **HortScience**, n. 1, v. 21, p. 86-88, 1986.

BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; COSTA, E. L. da; SILVA, J. T. A. da. **Fertirrigação da Bananeira**. Circular Técnica 84, Cruz das Almas, 2006. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/circulares/circular_84.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.

BRACY, R. P.; PARISH, R. L.; ROSENDALE, R. M. Fertigation uniformity affected by injector type. **HortTechnology**, v.13, n.1, 2003.

BRASIL. **Cultivo de melão: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização**. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural/SENAR: Brasília, 2007. 104 p (Coleção SENAR, 131).

BRESLER, E. Trickle-drip irrigation: principles and application to soil water management. **Advance Agronomy**, New York, v.29, p.344-393, 1977.

BURT, C. M.; CLEMMESNS, A. J.; STRELKOFF, T. S.; SOLOMON, K. H.; BLIESNER, R. D.; HOWELL, T. A. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 123, n. 6, 1997. p. 423-442

CAMARGO, D. C. **Uniformidade de distribuição de potássio utilizando diferentes fontes e concentrações na calda de fertirrigação em condições de campo**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CAMPELO, A. R. **Estudo do manejo da cultura do melão submetida a diferentes frequências de irrigação e fertirrigação com N e P**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

CARIJÓ, O. A.; SOUZA, R. B. de.; MAUROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. de. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2004. 13 p. (Circular Técnica, 32).

CHITARA, A. B.; CHITARA, M. I. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, p. 320, 1990.

CLARK, G. A.; STANLEY, C. D.; MAYNARD, D. N.; HOCMUTH, G. J.; HANLON, E. A.; HAMAN, D. Z. Water and fertilizer management of microirrigation fresh market tomatoes. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.34, n.2, p.429-435, 1991.

CLOUGH, G. H.; LOCASCIO, S. J.; OLSON, S. M. Yield Successively cropped polyethylene mulched vegetables as affected by irrigation method and fertilization management. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 115, p. 884-887, 1990.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L.; SOUZA, L. F. da S. **Fontes e frequências de aplicação de nitrogênio via água de irrigação no mamoeiro**. Comunicado Técnico 111, Cruz das Almas, 2004. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/comunicados/comunicado_111.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2011.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, D. M. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 250-256, 2001.

COELHO, E. F.; SOUSA, V. F. de.; SOUZA, V. A. B. de.; MELO, F. de. B. Efeito de níveis de N e K aplicados por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo*, L.) em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.1, p.23-30, 2001.

COSTA, N. D. **O cultivo do melão**. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Melao/m.69.pdf>> Acesso em: 15 jan. 2012.

COSTA, N. D.; FARIA, C. M. B. de.; PINTO, J. M.; DIAS, R. de C. S.; LEITE, W. de. M. Produtividade de melão fertirrigado em Vertissolo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., 2003, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2003.

COSTA, E. F.; BRITO, R. A. L. **Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada**. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. Quimificação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: Embrapa/SPI, 1994. cap.3, p.85-109.

COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimificação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília, EMBRAPA-SPI, p. 315, 1994.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A dos; RAIJ, B. V.; FARIA, C. M. B. de; SILVA, D. J. da; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. de A. de; HOLANDA, J. S. de; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. p. 21 (Circular Técnica, 14).

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. California Agricultural Experiment Station, Berkeley, v. 670, 1942. p. 1-124 (Bulletin).

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; BARBOSA, L. C. A. Fungificação: uniformidade de distribuição do epoxiconazol em três lâminas de água no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 9, n.2, p. 102-111, 2001.

DENÍCULI, W.; LOUREIRO, B. T.; AMARAL, F. A. L. Desempenho do injetor de fertilizantes Venturi na fertirrigação por microaspersão. **Revista Ceres**, v.34, n.226, p.554-563, 1992.

DEULOFEU, C. Situación y perspectivas del melón en el mundo. In: VALLESPER, A. N. (Coord.). **Melones**. Madri: Publicaciones de Horticultura, 1997. Cap.2, p.21-24. (Compêndios de Horticultura, 10).

DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J.A.; FANCELLI, A.L.; PIRES, R. C. M. Fertirrigação. In: Miranda, J.H.; Pires, R.C.M. (eds). **Série Engenharia Agrícola**, v.1, Jaboticabal: FUNEP, 2001, p.315-374.

DUSI, A. N. **Melão para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília, DENACOOOP, 1992. 38 p. (Série Publicações Técnicas, 1).

EL-AMIN, A. B.; EL-EBABI, F. G.; EL-TOMY, E. O. Fertigation methods effects on water and fertilizer uniformity in drip irrigation. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 23, n. 1, p. 122-136, 2006.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed, Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 2006. 306 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: _____. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa; SBCS, 2007. Cap. 8, p. 501-589.

FAO. **FAOSTAT**: Agricultural Statistics Database. Disponível em:< <http://faostat.fao.org/faostat>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

FARIAS, C. M. B. **Nutrição mineral e adubação de melão**. Petrolina: EMBRAPA, CPTSA, 26p. 1990. (Circular Técnico, 22)

FERNANDES, C. N. V. **Manejo da cultura da melancia submetida a diferentes frequências de irrigação e fertirrigação de nitrogênio e fósforo**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORA, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**. [online]. v. 20, n.4, p. 559-563. 2002.

FERNANDES, A. L.; GRASSI FILHO, H. Manejo da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do melão rendilhado (*Cucumis melo reticulatos* Naud). **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p.178-190. 2003.

FERNANDES, A. L. T; RODRIGUES, G. P.; TESTEZLAF, R. Mineral and organomineral fertirrigation in relation to quality of greenhouse cultivated melon. **Scientia Agricola**. (Piracicaba, Braz.) [online]. v.60, n.1, p. 149-154. 2003.

FERREIRA, J. O. P. **Caracterização hidráulica de dois injetores de fertilizantes do tipo Venturi**. Piracicaba, 1994. 76p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

FILGUEIRA F. **Novo Manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 402 p. 2000.

FOLEGATTI, M. V.; VÁSQUEZ, M. A. N.; DIAS, N da S.; SOUSA, V. F. de. Qualidade física do melão fertirrigado com diferentes dosagens de potássio e lâminas de irrigação, em gotejamento superficial e subsuperficial. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 52-61. 2004.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; DOURADO NETO, D. **Aplicação de fertilizante via água de irrigação**. Piracicaba: EDUSP, 1994. 35 p. (ESALQ. Série Didática, 8).

FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; DIAS PAES, L.A.; NASCIMENTO, V.M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985, 31p. (Boletim Técnico, 2)

GARCÍA, A. C. **Distribuição de K₂O utilizando diferentes dissoluções, fontes e volumes de fertirrigação**, 2012. 42p. Monografia (Graduação em Agronomia)– Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

GRANGEIRO, L. C.; PEDROSA, J. F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z. Qualidade de híbridos de melão amarelo em diferentes densidades de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 200-206, 1999.

GURGEL, F. L.; PEDROSA, J. F.; NOGUEIRA, I. C. C., NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F. Caracteres qualitativos em híbridos de melão amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 664-665, 2000. Suplemento. 1 CD ROM.

HERNANDEZ, F. B. T. **Fertirrigação**. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. Fertilizantes fluidos. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p. 212-225.

HOLMAN, H. Fertilizer and chemical injection for irrigation systems. **Citrus And Vegetable Magazine**, Tampa, v.41, n.26-28, p.46-8, 1978.

IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. **Estados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ce&tema=lavouratemporaria2009>> Acesso em: 12 fev. 2012.

JANOS, L. Application of chemicals through irrigation systems. **Journal of the International Commission on Irrigation and Drainage**, v. 45, n. 2, p.125-146, 1995.

KASSEM, M. A.; AL-SUKER, A. Effect of fertigation methods on productivity and nitrogen use efficiency for wheat and barley crops. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 26, n. 2, p. 866-885, 2009.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação mineral do melão e melancia. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, Jaboticabal, 1990, **Anais**. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 219-226. 1993.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

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

KOETZ, M.; COELHO, G.; CARVALHO, J. de A.; SOUZA, R. J. de.; SILVA, R. A. de. Produção do meloeiro em ambiente protegido irrigado com diferentes lâminas de água. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 500 – 506, 2006.

KOVACH, S. P. Injection of fertilizer into drip irrigation systems for vegetables. **Citrus And Vegetables Magazine**. v.14, 1983, p.40-47.

LANCASTER, M. E.; J. M. DAVIS; D. C. SANDERS. A continuously diluting injector for applying fertilizer to experimental and demonstration plots. **HortTechnology**, v.8, n.2, p.221–224, 1998.

LIMA NETO, I. E. Formulação adimensional do fluxo em injetores de fertilizantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, 2006.

LOPEZ, C. C. Fertirrigação: aplicação na horticultura. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINE, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do; RESENDE, R. S. (Coord.). Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: **Agropecuária**, 2001. cap. 8, p.269–288.

MAGALHÃES, J. R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1988. 64p. (EMBRAPA-CNPH, Documentos, 1)

MALAVOLTA, E; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 199p.

MANTOVANI, C. E.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: Princípios e métodos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2009.

MARQUELLI, W. A.; PINTO, J. M.; SILVA, H. R. da; MEDEIROS, J. F. Fertirrigação. In: SILVA, H. R. da; COSTA, N. D. (Ed.). **Melão: produção, aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2003. cap. 10, p. 69-85. (Frutas do Brasil, 33).

MEDEIROS, J. F. de; DUARTE, S. R.; FERNANDES, P. D.; DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R. Crescimento e acúmulo de N, P e K pelo meloeiro irrigado com água salina. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.4, p.452-457. 2008.

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

MEURER, E. J. Potássio. In: _____. **Nutrição mineral de plantas**. 1 ed. Viçosa: SBCS, 2006. cap. 5, p. 282-298.

MIRANDA, F. R. de.; BLEICHER, E. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (*Cucumis melo*, L.) na região litorânea do Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 17 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 2).

MIRANDA, N. de O.; MEDEIROS, J. F. de; NASCIMENTO, L. B.; ALVES, L. P. Produtividade e qualidade de frutos de melão em resposta à cobertura do solo com plástico preto e ao preparo do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 490-493. 2003.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management.** Amsterdam, Elsevier, 1986, p. 164.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. N.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M.; OIOLE, A. A. P.; SALES, L. Nutrição e adubação potássica na cultura da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas. v.20. n.2. p.247-250. 1996.

NUNES, G. H. S.; TORQUATO, J. E.; SALES JÚNIOR, R.; FERREIRA, H. A.; BEZERRA NETO, F. Tamanho amostral para estimar o teor de sólidos solúveis totais em talhões de melão amarelo. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n.2, p. 117-122, 2006.

OLIVEIRA, M.V. A.M.; VILLAS BÔAS, R. L. de. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.95-103. 2008

OLIVEIRA, M. V. A. M. de; VILLAS BÔAS, R. L.; GARCIA, C. J. B.; NASCIMENTO, F. R. Uniformidade de distribuição de potássio num sistema de irrigação por gotejamento quando aplicado por diferentes injetores. **Irriga**, Botucatu, v.8, n.3, p.234-41. 2003.

PAPADOPOULOS, I. Constant feeding of Field-grown tomatoes irrigated with sulphate water. **Plant and soil.** v. 88, 1985. p.231-236.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. *In:* FOLEGATTI, M.V. (coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças.** 1.ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. cap.1, p.11-154.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da fertirrigação: processos de transição na fertilização convencional para a fertirrigação. *In:* FOLEGATTI, M. V.; CASARINE, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do; RESENDE, R. S. (Coord.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 2001. cap.1, p. 9-59.

PEIXOTO, J. F. S.; CHAVES L. H. G.; GUERRA, H. O.C. Uniformidade de distribuição da fertirrigação no distrito de irrigação Platô de Neópolis. **Revista de Biologia e Ciências da Terra.** v. 5, n. 2, 2005.

PINTO, J. M.; BRITO, R. A. L. **Equipamentos para aplicação de fertilizantes via irrigação.** Petrolina: EMBRAPA Semiárido. 2010.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; PEREIRA, J. R.; CHOUDHURY, E. N.; CHOUDHURY, M. M. Efeitos de períodos e frequências da fertirrigação nitrogenada na produção de melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1.345-1.350. 1994.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; COSTA, N. D.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, J. R. Aplicação de N e K via água de irrigação em melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.2, p.192-94, 1995.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia.** Madrid: Mundi Prensa, 1996, 460p.

PRABHAKAR, B. S.; SRINIVAS, K.; SHUKLA, V. Yield and quality of muskmelon (cv. *Hara Machu*) in relation to spacing and fertilization. **Progressive Horticulture**, v, 17, n. 1, p. 51-55, 1985.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. Ed. UNESP. São Paulo, SP, 2008. 407 p.

PURQUERIO, L.F.V.; CECÍLIO FILHO, A. B. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva e número de frutos sobre a qualidade de frutos de melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 831-836. 2005.

ROJAS, R. N. Z. **Desenvolvimento e avaliação de dois injetores de fertilizantes tipo Venturi**. Piracicaba, 1995. 67p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1995.

ROLSTON, D. E.; RAUSCHKOLB, R. S.; PHENE, C.; MILLER, R. J.; URIU, K.; CARLSOR, M.; HANDERSON, D. W. **Applying nutrients and other chemicals to trickle irrigated crops**. University of California, Division of Agricultural Science, 1981, 14p.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; TIRIONI, C.; GANCEDO, M. **Cloreto de potássio na linha de semeadura pode causar dano à soja**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. (Comunicado Técnico, 64)

SAMPAIO, S. C.; FARIA, M. A. de; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. S. de; SILVA, A. M. da. Spatial and temporal distribution of potassium chloride in a lateral line employing fertilizer tank and injector Pump. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.8, n.1, p.31-41. 1997.

SANDRI, D.; RINALDI, M.; SOUZA, M. R. de; OLIVEIRA, H. F. E. de; TELES, L. M. Desenvolvimento e qualidade do melão cultivado no sistema hidropônico sob diferentes substratos e formato do leito de cultivo. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 156-167. 2007.

SHANI, M.; SAPIR, E. **Fertilization in irrigation**. Netanya, Israel: CINADCO, 1986. 44p.

SIQUEIRA, W. da C.; FARIA, L. do A. LIMA, E. M. de C.; REZENDE, F. C.; GOMES, L. A. A.; CUSTÓDIO, T. N. Qualidade de frutos de melão amarelo cultivado em casa de vegetação sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1041-1046. 2009.

SILVA, H. R. da; COSTA, N. D.; CARRIJO, O. A. Exigências de clima e solo e época de plantio. In: SILVA, H. R. da.; COSTA, N. D. (Ed). **Melão: produção, aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2003. Cap. 5, p. 23-28. (Frutas do Brasil, 33).

SILVA, H. R.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, R. A.; OLIVEIRA, L. A.; RODRIGUES, A. G.; SOUZA, A. F.; MAENO, P. **Cultivo do meloeiro para o norte de Minas Gerais**. Brasília: Embrapa Centro de Pesquisa de Hortaliças, 2000. 22 p. (Circular técnica, 20).

SOUZA, D. L. R. **Estudo das vantagens competitivas do melão no Ceará**. Fortaleza: Instituto Agropolos, 2006. 56 p.

- SOUSA, V. F. **Frequência de aplicação de N e K via irrigação por gotejamento no meloeiro (*Cucumis melo*, L.), cv. Eldorado 300 em solo de textura arenosa**. 1993.131f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita de Mesquita”, Botucatu, 1993.
- SOUSA, V. F. de; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. de L.; ALENCAR, C. M. Distribuição de fertilizantes em um sistema de fertirrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.186-189. 2003.
- SRINIVAS, K.; PRABHAKAR. B. S. Response of muskrnelon (*Cucumis melo*L.) to varying lends of spacing and fertilizers. **Singapore Journal of Primary Industries**, v.12, p.36-61, 1984.
- STONE, K. C.; STANSELL, J. R.; YOUNG, J. R. Insecticide distribution through an irrigated corn canopy. **Transaction of the ASAE**, v. 37, n.1, 1994, p. 135-138.
- TAIZ, Z.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. Trad. SANTARÉM, E. R.; ASTARITA, L. V.; DILLENBURG, L R.; ROSA, L. M. G; OLIVEIRA, P. L. Porto Alegre: Artmed. 2009, 819 p.
- TESTEZLAF, R; MATSURA, E. E. Fertirrigação: técnicas e equipamentos para aplicação de fertilizantes. In. SANTOS, C. M. **Irrigação da cafeicultura no cerrado**. Uberlândia - 2002, v.1, p. 153-171.
- TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI,P.R.; SIGRIST, J. M. M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 219-224. 2002.
- TOWNSEND, J. D. Fertigation – Uniformity of fertilizer application through drip irrigation systems. In: MicroIrrigation of Congress, 4., 1988, Australia. **Proceedings...** Australia: Albury-Wodonga, 23–28, Oct. 1988.
- VIEIRA, D. B. Fertirrigação e manejo de irrigação em citros. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 33, p. 35-36, 1988.
- ZANINI, J. R. **Hidráulica da fertirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora**. 1989. 103 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.
- ZANINI, J.R.; OLITTA, A. F. L. Aplicação de fertilizantes com bomba injetora na fertirrigação por gotejamento. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.36, p.21-24, 1989.
- WANG, X.; ZHU, H.; REDING, M. E.; LOCKE, J. C.; LELAND, J. E.; DERKSEN, . R. C.; SPONGBERG, A. L.; KRAUSE, C. R. Delivery of chemical and microbial pesticides through drip irrigation systems. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 25, n. 6, p. 883-893, 2009.
- WHITAKER, T. W.; DAVIS, G. N. **Cucurbits: botany, cultivation and utilization**. London: London Hill, 1962. 250 p.