



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

Elton Carlos Pereira Vieira de Alencar Teles

**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA LÂMINA, ÍONS
ESPECÍFICOS E SALINIDADE NA MICROASPERSÃO**

JUAZEIRO – BA
2016

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

Elton Carlos Pereira Vieira de Alencar Teles

**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA LÂMINA, ÍONS
ESPECÍFICOS E SALINIDADE NA MICROASPERSÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, campus Juazeiro – BA, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola (água e solo).

Orientador: Prof^o. D.Sc. Pedro Robinson
Fernandes de Medeiros

JUAZEIRO – BA
2016

	Teles, Elton Carlos P. V. de A.
T269u	Uniformidade de distribuição da lâmina, íons específicos e salinidade na microaspersão. / Elton Carlos Pereira Vieira de Alencar Teles. – Juazeiro, 2016.
	64f.: il., 29 cm
	Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro- BA, 2016.
	Orientador: Prof. Dr. Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros
	1. Irrigação. 2. Uniformidade de distribuição. 3. Zonas de manejo. I. Título. II. Medeiros, Pedro Róbinson Fernandes. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD631.587

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Renato Marques Alves

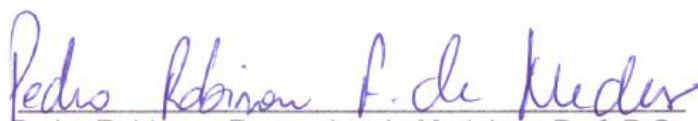
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Elton Carlos Pereira Vieira de Alencar Teles

**UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA LÂMINA, ÍONS ESPECÍFICOS E
SALINIDADE NA MICROASPERSÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito para obtenção
do título de Mestre em Engenharia Agrícola.



Pedro Robinson Fernandes de Medeiros, Prof. D.Sc.
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF



Sergio Nascimento Duarte, Prof. D.Sc.
USP/ESALQ



Clóvis Manoel Carvalho Ramos, Prof. D.Sc.
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

Juazeiro – BA, 24 de Fevereiro de 2016

Dedico

*Aos meus pais, Enilton e Claudicéia
Aos meus irmãos, Warney, Ericka e Júnior*

Ofereço

*Ao meu avô Claudimiro (in memoriam)
Ao meu Tio Nenzinho (in memoriam)
A minha prima Nyanne Teles (in memoriam)*

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Senhor Jesus Cristo, que me fortalece em cada caminhada, dando-me saúde e coragem para enfrentar as batalhas da vida;

Ao meu Orientador, Prof^o Dr^o Pedro Robinson, pela paciência, incentivo, amizade e contribuição dos conhecimentos que foram repassados durante todo o desenvolvimento do trabalho; certo que isso levarei para o resto da minha vida;

Ao meu pai Enilton Vieira e minha mãe Claudicéia Pereira, que apesar de não terem o estudo que tive, foram a melhor faculdade que estudei. Aos meus pais, o meu amor e carinho;

Aos meus irmãos, Warney Anderson, Ericka Carla e Enilton Júnior, pelo amor e companheirismo nos momentos difíceis da vida;

À minha querida Avó, Maria Guiomar, pela força e coragem que recebi aos longos dos meus anos de vida;

Ao meu Tio José Venâncio Neto e ao meu Primo Armando Venâncio, pelo carinho e confiança depositada sobre mim, recebam a minha admiração e o meu sincero agradecimento;

Aos amigos de estudos e pesquisas, Gabiane, Dayane, Roberto, Max, Joselina e Wyara, pela grandiosa amizade formada e pelos momentos de alegria e dificuldades vividos ao longo dessa jornada.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, pelos ensinamentos e colaboração nas diversas formas, durante a minha formação;

À Carolina, secretária do colegiado de Pós - Graduação em Engenharia Agrícola (CPGEA), pelo excelente trabalho e profissionalismo que desenvolveu, nas inúmeras vezes que precisei de sua ajuda;

Aos laboratórios de Irrigação e Drenagem, pelo espaço disponibilizado no decorrer do experimento.

À técnica Isabel, do laboratório de química do solo, pela paciência e contribuição nas análises químicas do experimento;

À Embrapa Semiárido, por disponibilizar a fonte hídrica para execução do experimento; e a todos os amigos e amigas que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, recebam meu sincero agradecimento.

*Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas.
Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.*

Salmos 23:2-3

TELES, E.C.P.V.A. **Uniformidade de distribuição da lâmina, íons específicos e salinidade na microaspersão.** 2016. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro/BA, 2016.

RESUMO

O presente trabalho contempla a dinâmica da uniformidade de distribuição da lâmina de água, os íons sódio e potássio e da salinidade, a partir da solução nutritiva para a cultura da manga e da banana, utilizando microaspersão. O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação (IRRIGAR), da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Juazeiro-BA. Experimentalmente foram utilizadas duas águas de diferentes qualidades em relação a sua concentração de sais ('A₁– Água do Rio São Francisco' e 'A₂– Água do Rio São Francisco + Água salina de poço profundo na proporção de 1:1'), três tipos de bocais de microaspersor ('B₁ – Cor Preta com diâmetro de 0,90 mm, 'B₂ – Cor Marrom com diâmetro de 1,30 mm' e 'B₃ – Cor Laranja com diâmetro de 1,80 mm'), estando os três bocais associados a três diferentes pressões de serviço (P₁ – 120 kPa, P₂ – 150 kPa e P₃ – 180 kPa). A partir dos resultados obtidos, observou-se que, no geral, o diâmetro do bocal tem efeito direto sobre a uniformidade de distribuição da lâmina, independente das pressões utilizadas nessa análise. Em relação à distribuição dos íons específicos sódio e potássio, e da condutividade elétrica da solução nutritiva ao longo do perfil radial de aplicação da lâmina, verificou-se uma alta uniformidade de distribuição, sendo caracterizada pela alta solubilidade dos fertilizantes na solução nutritiva. Assim, sugere-se que as zonas de monitoramento para manejo desses íons e da salinidade, pode ser localizada a qualquer distância a partir do ponto de aplicação da lâmina na microaspersão.

Palavras-chave: irrigação, uniformidade de distribuição, zonas de manejo

TELES, E.C.P.V.A. **Distribution uniformity water blade, specific ion and the salinity at micro-sprinklers**. 2016. 64f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering), Federal University of São Francisco Valley. UNIVASF, Juazeiro/BA.

ABSTRACT

The present work contemplates the of dynamic distribution uniformity water blade the sodium and potassium ions and salinity starting nutrient solution for culture mango and banana using micro-sprinklers. The study was conducted in a irrigation laboratory at the Federal University of the São Francisco Valley – UNIVASF, Campus Juazeiro-BA. Experimentally it was used two waters of different qualities in relation to its concentration of salts (‘A₁ – San Francisco River water’ e ‘A₂ – San Francisco River water + Saline water of well underground at proportion of 1:1’), three types, of nozzles of micro-sprinklers (‘B₁ – Color black with diameter of 0,90 mm, ‘B₂ – Color brown with diameter of 1,30 mm’ e ‘B₃ – Color orange with diameter of 1,80 mm’), being the three associated three working pressures (P₁ – 120 kPa, P₂ – 150 kPa e P₃ – 180 kPa). From the results obtained, it was observed that, in general, the diameter of nozzles it has direct effect about the distribution uniformity water, independent of pressures utilized. In relation the uniformity the sodium and potassium ions and salinity starting nutrient solution along the radial profile, there was a high distribution of uniformity it is characterized the high solubility of fertilizers the nutrient solution. Thus, it is suggested that, the management zones for monitoring for management these ions and salinity, it may be performed at any location from the blade point of application at micro-sprinklers.

Keywords: irrigation, chemigation, uniformity distribution, management zones

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1.

Figura 01. Perfis radiais de distribuição de água para os bocais B.1(A), B.2 (B) e B.3 (C), associados às pressões de P.1 – 120 kPa, P.2 – 150 kPa e P.3 – 180 kPa.....**19**

Figura 02. Perfis radiais de distribuição do íon potássio para os bocais B.1 (A), B.2 (B) e B.3 (C), associados às pressões de P.1 – 120 kPa, P.2 – 150 kPa e P.3 – 180 kPa.....**21**

CAPÍTULO 2.

Figura 01. Perfis radiais de distribuição de água para os bocais B1 (0,90 mm), B2 (1,30 mm) e B3 (1,80 mm), associados a pressão de 150 kPa.....**34**

Figura 02. Perfis radiais de distribuição da condutividade elétrica e pH para os bocais B.1 (0,90 mm), B.2 (1,30 mm) e B.3 (1,80 mm), associados a pressão de 150 kPa.....**35**

Figura 03. Perfis radiais de distribuição dos íons sódio (Na^+) e potássio (K^+) para os bocais B.1 (0,90 mm), B.2 (1,30 mm) e B.3 (1,80 mm), associados à pressão de 150 kPa.....**36**

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1.

- Tabela 01.** Doses de Uréia, Superfosfato Simples e Cloreto de Potássio em 1000 litros de água para a cultura da manga cv. Tomy Atkins na fase reprodutiva (Floração e Colheita) em Juazeiro-BA, 2015..... **14**
- Tabela 02.** Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Grau de aceitabilidade CUD/CUE..... **15**
- Tabela 03.** Coeficientes de uniformidade de aplicação de água referente aos bocais em função da pressão de serviço..... **17**
- Tabela 04.** Coeficientes de uniformidade de distribuição do íon Potássio (K^+) referente aos bocais em função da pressão de serviço..... **18**

CAPÍTULO 2.

- Tabela 01.** Caracterização química da água bruta do Rio São Francisco e Salina.....**31**
- Tabela 02.** Doses de Uréia, Superfosfato Simples e Cloreto de Potássio em 1000 litros de água para a cultura da banana cv.Pacovan do plantio ao término da primeira colheita em Juazeiro-BA, 2015..... **31**
- Tabela 03.** Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Graus de aceitabilidade CUD/CUE..... **33**
- Tabela 04.** Coeficientes de uniformidade de distribuição do íon sódio (Na^+) e íon Potássio (K^+) referente aos bocais em função da pressão de serviço.....**37**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

IPA – (Instituto Agrônomo de Pernambuco)

PIB – (Produto Interno Bruto)

CODEVASF– (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba)

CE – (Condutividade Elétrica)

pH – (Potencial Hidrogeniônico)

CUC – (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen)

CUD – (Coeficiente de Uniformidade de Criddle)

CUE – (Coeficiente de Uniformidade de Estatístico)

CUH – (Coeficiente de Uniformidade de Hart)

UDH – (Eficiência Padrão da HSPA)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Agricultura Irrigada no Vale do São Francisco....	3
2.2 Irrigação localizada (microaspersão)	5
2.2 Fertirrigação na irrigação localizada	6
2.3 Uniformidade de distribuição da água e fertilizantes.....	8
CAPÍTULO I.....	10
DINÂMICA DO PERFIL RADIAL DA LÂMINA E DO ÍON ESPECÍFICO POTÁSSIO PARA DIFERENTES BOCAIS E PRESSÕES DE SERVIÇO	11
Introdução.....	12
Material e métodos.....	13
Resultados e discussão	15
Conclusão	21
Referência bibliográfica	22
CAPÍTULO II.	27
DINÂMICA NA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA LÂMINA E DOS ÍONS ESPECÍFICOS SÓDIO E POTÁSSIO COM DIFERENTES BOCAIS E QUALIDADES DE ÁGUA.....	28
Introdução.....	29
Material e métodos.....	30
Resultados e discussão	33
Conclusão	38
Referência bibliográfica	38
CONCLUSÃO GERAL	42
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	43

1. INTRODUÇÃO

A agricultura Irrigada está entre as atividades intensivas de maior uso de água em todas as partes do mundo BOOKER et al., (2012), consumindo de 60 a 80% dos recursos hídricos (HUFFAKER e HAMILTON, 2007). Nas regiões de clima árido e semiárido, a água é considerada um recurso limitante para o desenvolvimento regional, sendo necessária a adoção de novas alternativas que venham a complementar a insuficiente oferta hídrica ainda disponível (SILVA et al., 2015).

A região semiárida do Nordeste Brasileiro tem na irrigação uma alternativa estratégica e fundamental para atingir o sucesso da produção agrícola, e com isso, é essencial o uso de tecnologias em Engenharia da Irrigação que garantam um bom aproveitamento da água no momento do seu uso. Sua forma de aplicação está sendo cada vez mais adaptada a regiões produtoras, de forma que o seu uso vem se tornando cada vez mais racional.

O uso do método de irrigação localizado é fundamental para a agricultura irrigada no Vale do São Francisco, pois apresenta uma alta eficiência de aplicação e um baixo consumo de água. Dentro do método de irrigação localizada, tem-se a microaspersão, que é utilizada na irrigação de espécies frutíferas do Vale do São Francisco, em especial para a cultura da manga e da banana, onde os emissores são posicionados abaixo da copa das plantas.

O microaspersor tem uma eficiência de aplicação em torno de 85%; além de fornecer água, também pode ser utilizado na aplicação de fertilizantes solúveis, sendo esse tipo de operação conhecido como fertirrigação, onde os fertilizantes químicos são aplicados junto com a água da irrigação. Dessa forma, a irrigação localizada está sempre apta a harmonizar a tecnologia ao campo, de forma que permita interagir a água de irrigação com outros produtos (SILVEIRA et al., 2014).

Porém, o sucesso da fertirrigação depende também do bom funcionamento do sistema de irrigação. Quando o sistema de irrigação não é bem dimensionado e/ou opera com baixa uniformidade, entende-se que também ocorrerá uma distribuição desigual dos fertilizantes (COELHO et al., 2003).

O uso de águas de baixa qualidade, com altas concentrações de sais, associado ao manejo deficiente da irrigação e a aplicação de fertilizantes de forma excessiva, aumenta a concentração de sais solúveis e seus íons específicos, provocando um efeito negativo na absorção de água e nutrientes pelas plantas. Entretanto, ainda há carência de informações sobre o comportamento de distribuição da salinidade e dos íons específicos sódio e potássio,

pelo uso de água com fertilizantes, antes mesmo dessa entrar no solo e provocar efeitos salinos.

Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo estudar a uniformidade de distribuição da lâmina e dos íons específicos sódio e potássio, assim como o comportamento da salinidade por meio da condutividade elétrica e do pH, em sistemas de irrigação por microaspersão operando com diferentes bocais e pressões de serviço para a cultura da manga e banana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agricultura Irrigada no Vale do São Francisco

Aproximadamente 66% das águas do Nordeste Brasileiro encontram-se alocadas na bacia do Rio São Francisco, que atravessa parte da região semiárida nordestina, onde a precipitação anual é baixa e concentrada em poucos meses do ano, acarretando na formação de corpos d'água intermitentes (BARROSO et al., 2011).

A bacia do São Francisco é dividida em quatro regiões fisiográficas: alto do São Francisco, Médio, Submédio e Baixo do São Francisco. A região do submédio do São Francisco está localizada no Nordeste Brasileiro e atravessa parte dos estados da Bahia e de Pernambuco, sendo a segunda maior região fisiográfica para fins de planejamento, com uma extensão de 155.637 km² (FIGUEIREDO et al., 2015a). Essa região compreende as cidades de Petrolina/PE e Juazeiro/BA, que são localizadas em latitude 9,24°S e longitude 40,30° N, com elevação de 375 m. O clima dessas duas cidades é Semiárido quente, representado na classificação de Köppen pelo tipo BShw.

Localizadas às margens do Rio São Francisco, Petrolina-PE e Juazeiro-BA são privilegiadas com recurso hídrico de boa qualidade para a irrigação; isso faz com que nessa região, sejam cultivadas espécies vegetais perenes e anuais. Segundo Espindula Neto e Silva, (2007), aquelas cultivadas em local de clima seco e quente, que é o caso da região de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, necessitam diariamente de maior volume de água, em comparação com outras cultivadas em ambientes úmidos e com temperaturas amenas.

Apesar dessa forte demanda pela irrigação, essa região apresenta condições específicas que são favoráveis para a produção agrícola, tais como o baixo volume pluviométrico e a baixa umidade relativa do ar, o que dificulta a ocorrência de pragas e doenças, a ocorrência de solos férteis com potencial para irrigação, relativa invariabilidade da temperatura, que é demonstrada pela reduzida amplitude térmica, entre outras (CASTRO, 1994; DANTAS, 2010). O perímetro irrigado do Vale do São Francisco é um dos mais importantes do Brasil, abrangendo os pólos de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, tendo como principal ramo a fruticultura irrigada, com culturas como uva, manga, banana, goiaba, etc.

Para isso, a agricultura irrigada tem sido uma importante ferramenta estratégica para otimização da produção de alimentos, promovendo um desenvolvimento sustentável no campo, com geração de emprego e renda (LUNA et al., 2013).

Porém, nem sempre a agricultura irrigada nessa região foi tomada como alvo principal do governo. Os avanços tecnológicos somente tiveram início na década de 50, quando ocorreram substituições das rodas d'água por moto-bombas a diesel e em seguida pelas bombas elétricas, mais caro, porém mais eficientes, com alto custo benefício e com projeção de expansão das áreas irrigadas (PAES, 2009). De acordo com Maffei Irmão e Souza (1986), os investimentos governamentais em irrigação são indispensáveis para o desenvolvimento da agricultura moderna. Devido a essa forte demanda em produção de frutas, várias áreas irrigadas estão surgindo ao longo do Rio São Francisco.

O primeiro perímetro público irrigado no vale foi o de Bebedouro em Petrolina/PE, inaugurado no ano de 1969, que junto com o perímetro de Maniçoba, inaugurado em 1971, na cidade de Juazeiro/BA, desempenharam um importante papel na análise da viabilidade econômica dos investimentos públicos em irrigação nessas duas regiões (FIGUEIREDO et al., 2015b).

Em seguida, no ano de 1984, mais um perímetro foi inaugurado; este recebeu homenagem do ex-governador de Pernambuco, Nilo Coelho em Petrolina/PE (ORTEGA E SOBEL, 2010). Além destes, outros perímetros públicos irrigados foram surgindo com o tempo, como os Projetos Salitre, Maria Tereza, Pontal Sul, Maniçoba, Curaça e Tourão.

Atualmente, o Polo Frutícola Petrolina/Juazeiro é considerado como um dos mais importantes centros econômicos no Sertão pernambucano e baiano, e devido à alta qualidade das frutas, cerca de 90% da sua produção é exportado para os Estados Unidos, Japão e Europa, (ARAÚJO E SILVA, 2013).

Segundo dados do Anuário Brasileiro de Fruticultura (2012), o Vale do São Francisco é responsável por 80% de toda a manga exportada do Brasil e de 95% da uva de mesa cultivada no país. No ano de 2011, a cidade de Petrolina/PE alcançou o terceiro lugar no PIB agrícola nacional, com R\$ 658,80 milhões; neste mesmo ano, Juazeiro/BA produziu R\$ 200,94 milhões (SILVA, 2013). Juntas, o PIB agrícola das duas somam R\$ 859,73, sendo a maior dentre os municípios brasileiros (TERRA, 2012).

Com isso, estima-se que são gerados em média 2,00 empregos para cada hectare irrigado, com um total de 240.000 empregos diretos e 960.000 empregos indiretos (FILHO et al., 2015). Os principais sistemas de irrigação utilizados pelos irrigantes são: por superfície (sulcos) e localizados (microaspersão e gotejamento) (CODEVASF, 2015). Contudo, a falta de conhecimento técnico científico e a falta de manejo na irrigação, já estão acarretando em graves problemas, como áreas comprometidas por conta do excesso de sais, que são advindos do excesso de água e do uso desenfreado de fertilizantes químicos. Com isso, o grande desafio

da agricultura dessa região está em produzir de forma competitiva, sem afetar o meio ambiente.

Uma das formas de mudar esse quadro é conhecer todo o sistema de produção, principalmente no que se refere ao manejo da irrigação, pois se trata de um manejo dinâmico, que por sua vez, engloba a fertirrigação e a eficiência do sistema de irrigação. Desta forma, os vegetais conseguirão expressar seu potencial genético e, conseqüentemente, o produtor alcançará uma produtividade satisfatória.

2.2 Irrigação localizada (Microaspersão)

A irrigação é uma técnica milenar, de suma importância para a Humanidade. Sua forma de aplicação está sendo cada vez mais adaptada a regiões produtoras, de forma que, o seu uso vem se tornando cada vez mais racional, diminuindo assim os efeitos negativos provenientes do seu uso. A irrigação localizada busca maximizar o uso de água, sem prejudicar a produtividade das culturas; assim, este método de irrigação está sendo bastante difundido em irrigação de frutíferas, olerícolas, casa-de-vegetação e jardins (HOWELL E HILER, 1974).

Dentre os métodos de irrigação, o método localizado vem sendo dividido em dois grandes sistemas de irrigação, o gotejo e a microaspersão. O uso dessas duas tecnologias está sendo difundida de forma escalonada no Nordeste Brasileiro, em especial na região do Vale do São Francisco, que concentra um dos pólos de irrigação mais importantes do Brasil. Segundo Testezlaf (1997), esse é o método de irrigação mais adaptado para essa região, e como as culturas implantadas apresentam alta produtividade, logo, compensará o custo de instalação dos sistemas de irrigação.

Os microaspersores são pequenos aspersores de plástico, normalmente instalados sobre a linha lateral, que aplicam vazões de 20 a 150 L h⁻¹, de forma pulverizada, sob baixas pressões de serviço, que podem variar entre 10 a 20 mca (PIZARRO CABELLO, 1996); normalmente são utilizados em culturas de espaçamentos longos e de ciclo perene, como por exemplo a banana e a manga. A vazão do emissor é representada pela equação $q = kH^x$, em que: q= vazão do emissor em L h⁻¹; H= pressão de serviço em kPa; k= coeficiente de proporcionalidade (adimensional) e x= expoente de descarga (OLITTA, 1987), popularmente conhecida como curva vazão x pressão. Um emissor perfeito seria aquele em que o valor do x (expoente de descarga) fosse igual a zero, ou seja, mesmo alterando a pressão de serviço, a

vazão do emissor permaneceria constante; isso significa dizer que o emissor é autocompensante; caso contrário, os emissores seriam não autocompensantes, nos quais a vazão variaria com o aumento de vazão.

Segundo Paes (1985), esse sistema de irrigação que utiliza microaspersores, permite uma maior eficiência de aplicação da água, em torno de 85%; porém devido ao lançamento da água na atmosfera, em contato direto com os raios solares e os ventos, pode haver perdas elevadas por evaporação. Essas perdas também estão associadas à vazão do emissor e à pressão de serviço, que afetam diretamente o raio de alcance do emissor e a uniformidade de distribuição. Com isso, o emissor é considerado um dos componentes de maior relevância para o dimensionamento e manejo da irrigação, pois a aplicação correta da pressão de serviço aumenta ainda mais a eficiência desse sistema de irrigação.

Assim sendo, as indústrias estão buscando cada vez mais aprimorar os emissores para que a variação da vazão apresente uma distribuição satisfatória em relação ao valor médio (KELLER; KARMELI, 1974), de forma que a mesma, em uma parcela irrigada, não ultrapasse os 10% da vazão nominal.

2.2 Fertirrigação na irrigação localizada

A fruticultura irrigada do Vale do São Francisco está se consolidando no cenário da Agricultura Brasileira e Mundial, pois tem a seu favor condições climáticas e tecnologias, com destaque para a fertirrigação, que possibilita harmonizar a água da irrigação com os fertilizantes químicos, na busca por frutos de qualidade, que satisfaçam as exigências de consumidores e da indústria (RODRIGUES et al., 2008). Com isso, as práticas culturais relacionadas à nutrição vegetal tornam-se eficientes (KANO et al., 2010).

O uso da técnica da fertirrigação, permite ao agricultor vários benefícios; dentre eles se destacam a economia com a mão de obra e a eficiência de aplicação. A aplicação desta técnica tornou possível a otimização do uso de insumos nas mais diferentes culturas irrigadas, tanto em aspectos relacionados à qualidade dos produtos obtidos e produtividade em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizada (OLIVEIRA et al., 2008).

A fertirrigação pode ser compreendida como a combinação da lâmina de água requerida pela cultura junto com a demanda nutricional, aplicada pelo sistema de irrigação. A seleção dos fertilizantes a serem utilizados, via irrigação, devem seguir algumas regras como,

boa solubilidade em água, pureza, baixo índice salino, baixo poder de acidificação e de corrosão.

Uma das mais importantes características de um fertilizante químico está na sua elevada solubilidade em água (RODRÍGUEZ e ZEA, 2015). Outra forma de garantir a eficiência da fertirrigação está nas características técnicas e de manutenção do sistema de irrigação, seu dimensionamento e monitoramento da eficiência de aplicação (SILVA & SOARES, 2009). Quando o sistema opera de forma ineficiente, a distribuição dos fertilizantes na área também tende a ser desigual (COELHO et al., 2003). A técnica da fertirrigação viabiliza os ajustes de nutrientes em cada fase fenológica das culturas, aumentando assim a eficiência e economia dos fertilizantes (COSTA et al., 2015).

A fertirrigação é a forma mais eficiente de aplicar fertilizantes; porém, devido a sua complexidade e à falta de capacitação dos irrigantes, seu uso em muitos casos é realizado de modo empírico (BEZERRA et al., 2015). Assim, para a obtenção de elevadas produtividades, muitos produtores acreditam que é necessário à aplicação de doses excessivas de fertilizantes. No entanto, o risco desse raciocínio está no desperdício de adubos e um possível futuro problema de salinidade da área em produção (OLIVEIRA et al., 2013).

As fontes potássicas mais comuns no mercado são o cloreto de potássio branco (KCl b), advindo das salinas litorâneas e bastante utilizado na fertirrigação devido a sua alta solubilidade em água, e o cloreto de potássio vermelho (KCl v), extraído das rochas potássicas, com baixo valor quando comparado as demais fontes potássicas. O uso desse último não é mais apropriado para a fertirrigação devido a sua menor solubilidade (AZEVEDO et al., 2013).

Outra condição de manejo racional da fertirrigação está na determinação da condutividade elétrica e/ou da concentração parcial de íons na solução fertirrigante. O uso excessivo de fertilizantes, juntamente com água de irrigação com elevada salinidade, são os principais fatores que resultam em condições desfavoráveis ao desenvolvimento das culturas (SILVA et al., 2008).

Diante dessa contextualização da fertirrigação, faz-se necessário que o sistema de irrigação seja dimensionado corretamente, e que a solução nutritiva para fertirrigação tenha uma boa solubilidade.

2.3 Uniformidade de distribuição da água e fertilizantes

Uma das características mais importantes que deve ser observada no manejo de irrigação é a avaliação da uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação localizado (VIEIRA & MONTOVANI 1998), citados por (MONTEIRO et al., 2007). A gestão da irrigação no mundo exigirá cada vez mais que os irrigantes utilizem sistemas de irrigação de alta eficiência (BACCI et al., 2008; KIM et al., 2011.; MAJSZTRIK et al, 2011.; LEA-COX et al., 2013). Para isso é fundamental conhecer o funcionamento do sistema de irrigação, especialmente dos seus índices de uniformidade de distribuição da lâmina, para maior segurança nas decisões sobre economia de água, fertilizantes e energia (COLOMBO et al., 2015).

A mensuração das variabilidades em um sistema de irrigação é fundamental na avaliação do seu desempenho (SILVA et al., 2004). O desempenho de um sistema de irrigação é mensurado por dois critérios básicos: eficiência de aplicação e uniformidade de distribuição de água (JAMES, 1988). A eficiência de aplicação é a relação entre o volume de água absorvido pela cultura e o volume aplicado pelo emissor (FRIZZONE, 1992), sendo estimada em valores de percentagem total de água aplicada pelo sistema de irrigação, considerada útil às plantas, (BERNARDO, 1995).

A avaliação do sistema de irrigação é um importante passo para a obtenção de informações relacionadas à sua real eficiência de uso da água, suas perdas durante a aplicação e uniformidade de distribuição, a partir dos valores de vazão, pressão, lâmina, obstrução e, conseqüentemente, necessidade de manutenção do sistema (MANTOVANI et al., 2009). Segundo MARQUES et al. (2012), a uniformidade é dependente da variação de vazão e pressão de serviço dos emissores em toda a parcela irrigada. Para obtê-la, conhecer o comportamento das lâminas em diferentes diâmetros de bocais dos emissores em função das diferentes pressões de serviço, torna-se indispensável (ALLEN, 1992).

Para determinação da uniformidade são utilizados vários coeficientes, que designam a distribuição da água. Estes coeficientes estão disponíveis em bibliografia especializada com múltiplos métodos sugeridos para avaliar a uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação instalados em campo (LEVIEN & FIGUEIRÊDO, 2013). CHRISTIANSEN (1942) foi o primeiro pesquisador a estudar a uniformidade de distribuição de água, por meio da avaliação dos efeitos da pressão de serviço, da rotação, da velocidade do vento e do espaçamento, assumindo o desvio médio absoluto como medida de dispersão (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC). Além do CUC, existem outros coeficientes, dentre

eles temos o coeficiente de uniformidade estatístico, proposto por WILCOX & SWAILES, (1947) aplicando o desvio-padrão como medida de dispersão, onde se admite valores acima de 75% (Coeficiente de Uniformidade Estatístico – CUE). Já CRIDDLE et al. (1956) determinou o coeficiente tomando como base a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média total coletada (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD). HART (1961), também propôs um coeficiente de uniformidade usando o desvio-padrão como medida de dispersão (Coeficiente de Uniformidade de Hart – CUH).

Além desse último coeficiente, o autor ainda propôs outro coeficiente para representar a uniformidade de distribuição da água, denominado como eficiência padrão da HSPA (Eficiência Padrão da HSPA – UDH) no qual a lâmina de irrigação aplicada tem distribuição normal quando o CUD é igual à UDH. Para tanto, os testes de uniformidade, não se deve utilizar apenas um coeficiente para avaliar a eficiência de aplicação, e sim, todos eles de forma conjunta para obter resultados satisfatórios e com maior confiabilidade.

Assim como, que se aplicam esses coeficientes na uniformidade da lâmina, estes também são utilizados na avaliação de uniformidade dos nutrientes na fertirrigação. Segundo Santos et al. (2003), a baixa uniformidade de distribuição da lâmina também implicará numa baixa uniformidade dos fertilizantes e isso afeta diretamente a uniformidade de crescimento e produção num determinado cultivo. Alguns trabalhos podem ser encontrado na literatura sobre esse tipo de estudo, como Peixoto et al. (2005), que avaliou a uniformidade de distribuição da fertirrigação no distrito de irrigação do Platô de Neópolis, Sergipe, e verificou que o coeficiente de distribuição do potássio em relação a lâmina foi menor 3,73%, porém, o sistema foi considerado como excelente distribuição. Já Santos et al. (2014), avaliando a uniformidade de distribuição de água e íons em diferentes profundidades do solo com bananeira fertirrigada, obteve um CUD médio de 76% para o íon potássio e isso está associado a boa solubilidade desse íon na solução nutritiva.

CAPÍTULO I.

DINÂMICA DO PERFIL RADIAL DA LÂMINA E DO ÍON ESPECÍFICO POTÁSSIO PARA DIFERENTES BOCAIS E PRESSÕES DE SERVIÇO

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho, avaliar a dinâmica do perfil radial da lâmina e do íon específico potássio para diferentes bocais e pressões de serviço, utilizando um microaspersor. O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação (IRRIGAR), da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Juazeiro-BA. Experimentalmente foi testado três bocais de microaspersores '(0,90; 1,30 e 1,80 mm)', com três diferentes pressões de serviço (120 kPa, 150 kPa e 180 kPa), em três repetições. Os maiores valores de uniformidade foram encontrados nos bocais de 1,30 mm e 1,80 mm, associados as 3 pressões com CUC médio de 85% e 87% respectivamente. Para todos os perfis radiais de aplicação da lâmina, observaram aumentos progressivos das lâminas de água e dos perfis radiais de aplicação, havendo influencia direta do diâmetro do bocal e da pressão de serviço aplicada, com menor amplitude para o bocal de 0,90 mm e maior para o de 1,80 mm. A uniformidade do íon potássio foi superior a 90% para todas as combinações entre bocais e pressões de serviço ao longo do perfil radial de aplicação, estando possivelmente associada à boa solubilidade desse íon. Assim, a zona de monitoramento para o manejo do íon potássio pode ser considerada à qualquer distância a partir do ponto de aplicação do microaspersor.

Palavra-chave: irrigação, quimigação, uniformidade

PROFILE OF DYNAMICS AND RADIAL BLADE ION SPECIFIC POTASSIUM NIPPLES FOR DIFFERENT AND SERVICE PRESSURES

ABSTRACT: The objective this work, evaluate the dynamics the radial profile gives blade of ion specific potassium for different nozzles of pressures of service, using micro-sprinklers. This work was conducted in a irrigation laboratory (IRRIGAR), at the Federal University of the São Francisco Valley – UNIVASF, Campus Juazeiro-BA. Experimentally it was tested three nozzles of micro-sprinklers '(0,90, 1,30 and 1,80 mm)', with three different operating pressures (120 kPa, 150 kPa and 180 kPa) with 3 repeats. The higher uniformity values they were found in the nozzles 1,30 mm and 1,80 mm associated at 3 pressures with CUC medium in 85% and 87% respectively. For all radial application profiles gives blade, observed

progressive increases of blade in water and of radial application profiles, having direct influence of nozzle diameter and operating pressure, with lower amplitude to nozzle in 0,90 mm and higher for 1,80 mm. The uniformity of potassium ion it is greater than 90% for all combinations between nozzles and service pressure along the radial profile application, it is possibly associated the good solubility of this ion. Thus, the monitoring zone for the management of potassium ion it can be considered in any distance from the micro-sprinklers point of application.

Keywords: irrigation, chemigation, uniformity

INTRODUÇÃO

A irrigação é considerada a principal atividade consumidora de água no mundo, correspondendo à 70% do seu uso; por essa razão, ela não pode ser compreendida com apenas um insumo de uso agrícola (BASTOS et al., 2014). Com isso, a tecnologia em sistemas de irrigação localizados são alternativas favoráveis, tanto na eficiência do uso da água como na aplicação de fertilizantes solúveis, assumindo importância econômica e ambiental na atividade agrícola (BORSSOI et al., 2012).

Popularmente conhecida como fertirrigação, está é uma técnica que harmoniza a aplicação da água junto com os fertilizantes através de determinados sistemas de irrigação (COELHO et al., 2014). A utilização desta técnica tornou possível otimizar o uso de insumos em diferentes culturas irrigadas, em aspectos relacionados à produtividade e à qualidade dos produtos obtidos, sendo a mais notável a sua adoção em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizados (OLIVEIRA & VILLAS BÔAS, 2008). A fertirrigação possibilita também a realização de ajustes aos diferentes estádios fenológicos das culturas, e isso contribui diretamente para o aumento da eficiência de uso e da economia de fertilizantes (COSTA et al., 2015). Porém, quando o sistema de irrigação não opera de maneira uniforme, isso implicará em uma distribuição desuniforme dos fertilizantes (COELHO et al., 2003).

Com isso, a uniformidade de distribuição dos fertilizantes químicos é considerada um dos principais instrumentos para o manejo da fertirrigação, tendo a uniformidade da água aplicada como o principal fator (AZEVEDO et al., 2014a). Como a fertirrigação é praticada por meio de um sistema de irrigação, é importante que esse sistema esteja operando com alta uniformidade para evitar perdas ou excesso de aplicação de nutrientes. De acordo com

Marques et al. (2012), essa uniformidade depende da variação de vazão e pressão de serviço dos emissores em toda a parcela irrigada. Para isso, é indispensável conhecer o comportamento dos diferentes diâmetros de bocais dos emissores em função das diferentes pressões de serviço, estabelecendo, assim, comportamentos em relação à uniformidade de aplicação (ALLEN, 1992).

Essa uniformidade de distribuição das lâminas e dos nutrientes pode ser realizada por diversos métodos propostos na literatura, como o de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o estatístico (CUE) e entre outros métodos (BOMFIM et al., 2014), que representam a uniformidade de aplicação de água em um determinado sistema de irrigação.

Com o intuito de assessorar os produtores que visam monitorar a uniformidade de distribuição da lâmina e de íons específicos, dentro de um programa de adoção de técnicas inovadoras para controle e manejo, esse trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de água e do íon específico potássio a partir do perfil radial de aplicação da lâmina, utilizando solução com sais fertilizantes, dispondo de microaspersores com diferentes bocais e pressões de serviço.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, situado nas coordenadas 9°24'40,9"S e 40°30'48,3"W. O clima do município é o semiárido, com temperatura média de 24,2°C e pluviosidade média anual de 427 mm (PEREIRA, 2014).

Experimentalmente foi testado três bocais de microaspersores ('B₁ – Cor Preta com diâmetro de 0,90 mm, 'B₂ – Cor Marrom com diâmetro de 1,30 mm' e 'B₃ – Cor Laranja com diâmetro de 1,80 mm'), com três diferentes pressões de serviço (P₁ – 120 kPa, P₂ – 150 kPa e P₃ – 180 kPa), em três repetições. Como fonte hídrica para esse trabalho, foi utilizada a água do Rio São Francisco sem tratamento, adicionada de sais fertilizantes.

Para o experimento, foi construído uma pista de teste para microaspersor, com uma área de 8,0 m². Para a aplicação das lâminas de água, foi utilizado microaspersores não autocompensantes, com variação da vazão mediante a alteração da pressão de serviço em sua entrada (ABNT, 2004).

As soluções nutritivas foram determinadas conforme recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008), para a cultura da manga irrigada na fase reprodutiva (Floração e Colheita). Os fertilizantes minerais utilizados foram uréia (45% N), superfosfato simples (18% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O), onde foram diluídos em uma caixa d'água com capacidade máxima para 1000 L.

Tabela 01. Doses de Ureia, Superfosfato Simples e Cloreto de Potássio em 1000 litros de água, para a cultura da manga cv. Tomy Atkins na fase reprodutiva (Floração e Colheita), em Juazeiro-BA, 2015.

Fontes de adubo	Ureia	Super Fosfato Simples	Cloreto de potássio
Doses Aplicadas (g 1000L ⁻¹)	22,17	48,08	26,62

*Ureia (45% N) - Solubilidade de 1.000g L⁻¹; Super Fosfato Simples (18% P₂O₅) - Solubilidade de 16 g L⁻¹ e Cloreto de Potássio (60% K₂O) - Solubilidade de 340g L⁻¹.

Para a pressurização do sistema, foi instalado um conjunto motobomba de 0,5 cv de potência. A pressão de serviço foi controlada por um manômetro do tipo Bourdon, instalado na saída da bomba, possibilitando a aplicação da solução através de um sistema de irrigação por microaspersão instalado sobre uma haste de polietileno, a uma altura de 30 cm, sendo esta sustentada por um tripé de metal cravado sobre uma base de concreto. Os volumes aplicados ao longo do perfil radial, foram coletados por meio de pluviômetros cilíndricos de PVC, com altura de 7,5 cm e diâmetro de 9,5 cm, tendo estes uma área de 0,078 m², dispostos e espaçados equidistantes de 0,15 m. As lâminas foram obtidas utilizando a Equação 1.

$$L_i = \frac{V_p}{A_p} = \frac{V_p \times 4}{\pi \times D_p^2} \dots\dots\dots(1)$$

em que:

L_i – lâmina individual por pluviômetro (mm)

V_p – volume coletado por pluviômetro (m³)

A_p – área do pluviômetro (m²)

D_p – diâmetro do pluviômetro (m²)

As variáveis analisadas foram à distribuição da lâmina média da água (La) e a distribuição do íon potássio (LK) ambas ao longo do perfil de aplicação de água pelo microaspersor. As amostras do íon potássio (K^+) foram quantificadas por meio de um espectrofotômetro de chama.

Foram calculados os seguintes coeficientes, Uniformidade de Christiansen (CUC – %) (CHRISTIANSEN, 1942), Uniformidade de Distribuição (CUD – %), (CRIDDLE et al., 1956), Uniformidade Absoluto (CUA – %) (KARMELI & KELLER, 1975), Uniformidade Estatístico (CUE – %) (WILCOX & SWAILES, 1947), Uniformidade de Hart (CUH – %), (HART, 1961) e a Eficiência Padrão da HSPA (UDH – %) (HART, 1961). De posse dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC, CUD e CUE), estes foram confrontados e em seguida classificados, conforme as metodologias propostas na Tabela 02.

Tabela 02. Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Grau de aceitabilidade CUD/CUE.

Classificação	Mantovani, 2001			Bernardo et al. 2008		Grau de aceitabilidade (%) ASAE (1996)	
	CUC	CUD	CUE	CUC	CUD	CUD	CUE
Excelente	> 90	> 90	90 – 100	> 90	> 90	100 – 94	100 – 95
Bom	80 – 90	80 – 90	80 – 90	80 – 90	80 – 90	87 – 81	90 – 85
Razoável	70 – 80	70 – 80	70 – 80	70 – 80	70 – 80	75 – 68	80 – 75
Ruim	60 – 70	60 – 70	60 – 70	60 – 70	70	62 – 56	70 – 65
Inaceitável	< 60	< 60	< 60	< 60	< 60	< 50	< 60

Fonte: Mantovani 2001; Bernardo et al. 2008; ASAE (1996)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos coeficientes de uniformidade de aplicação de água relativos aos bocais e suas respectivas pressões de serviço aplicadas, encontram-se na Tabela

03. Observa-se que os maiores valores de CUC, CUD, CUA, CUE, CUH e UDH, encontram-se nos bocais $B_2 - 1,30$ mm e $B_3 - 1,80$ mm associados as três pressões de serviço, com CUC médios de 85% e 87%, sendo classificados como bom respectivamente (Bernardo et al. 2008). Já os menores valores esta no bocal $B_1 - 0,90$ mm, associado as pressões de serviço, com um CUC médio de 65%, sendo classificado como ruim, Tabela 03.

Os valores de CUC foram superiores aos demais coeficientes, comportamento este, também encontrado por Geisenhoff et al. (2015), onde obtiveram CUC maior que o CUD quando utilizado sistema de irrigação localizado por microaspersão. Segundo Lopez et al. (1992), isso ocorre devido ao tratamento matemático aplicado nesse coeficiente, que é mais rigoroso quanto aos problemas de distribuição.

Para o CUD, o bocal B_3 obteve valor médio de 83%, seguindo do bocal B_1 e B_2 , ambos com 82%, assim, classificados como bom, segundo Mantovani (2001); Bernardo et al. (2008) e ASAE, (1996). Valores semelhantes foram encontrados por Araquam e Campeche (2012), obtendo um CUD médio de 84 % em sistema de irrigação por micoaspersão no perímetro irrigado Nilo Coelho em Petrolina/PE. Segundo Rezende et al. (1992), esses resultados de CUD são pertinentes às variáveis das equações utilizadas na determinação desse coeficiente, pois consideram-se apenas 25% da área que recebeu menos água. Com relação ao CUH, CUE, CUA e UDH, os valores seguiram uma ordem decrescente, com 84%, 80%, 78% e 75%, respectivamente, sendo o CUE classificado como bom, segundo Mantovani, (2001).

Com isso, é adequado afirmar que o diâmetro do bocal utilizado, teve influência na uniformidade de aplicação da lâmina, independente da pressão de serviço utilizado, sendo maior a uniformidade, quando é utilizado o bocal de 1,80 mm, já o inverso é encontrado na no bocal de 0,90 mm. Porém, o aumento ou a redução das pressões de serviço para esses bocais, poderá provocar uma alteração da sua uniformidade de distribuição da lâmina. De acordo com Mantovani et al. (2006), o uso de pressões de serviço baixas, também resulta em uma baixa uniformidade de distribuição da água. Em trabalho realizado por Azevedo et al. (2000), em que avaliaram a uniformidade de distribuição de água utilizando um sistema de irrigação por aspersão, foi observado que a pressão de serviço utilizado, foi um dos principais fatores que influenciaram na uniformidade de distribuição da lâmina.

Porém, é importante ressaltar que em caso de pressão muito alta, está tende a provoca uma excessiva pulverização do jato, diminuindo o raio de alcance e provocando lâminas excessivas próximas ao emissor reduzindo também a uniformidade de distribuição (SANTOS & RESENDE, 2014).

Tabela 03. Coeficientes de uniformidade de aplicação de água referentes aos bocais, em função das pressões de serviço

Pressão de Serviço	Bocais	Coeficientes de Uniformidade					
		CUC	CUD	CUA	CUE	CUH	UDH
120 (kPa)	B1	53	51	64	69	72	60
	B2	85	75	77	81	84	77
	B3	83	82	81	78	82	72
150 (kPa)	B1	73	49	47	41	53	75
	B2	80	63	69	73	76	69
	B3	84	82	81	79	82	73
180 (kPa)	B1	67	54	63	64	71	63
	B2	82	71	73	78	81	73
	B3	87	84	83	83	86	78

* (B₁ – 0,90 mm, B₂ – 1,30 mm, B₃ – 1,80 mm)

Na Tabela 04 encontram-se todos os valores dos coeficientes de uniformidade de distribuição do íon potássio referentes aos bocais e em função das pressões de serviço. Observou-se que no geral, os valores dos coeficientes de uniformidade, para o potássio foram superiores a 90%. Os maiores valores de CUC, estão destacados na pressão de serviço de 150 kPa e 180 kPa associado aos três bocais, com uma média de 97%, sendo classificados como excelentes segundo Bernardo et al. (2008) e Mantovani, (2001). Azevedo et al. (2014), avaliando a uniformidade em diferentes fontes de potássio, obtiveram CUC médio de 80%. Já Peixoto et al. (2005a), avaliando a uniformidade de distribuição da fertirrigação no distrito de irrigação do Platô de Neópolis-SE, encontraram uma uniformidade de aplicação média de 90% para o íon potássio.

Para os demais coeficientes, foi obtida a seguinte ordem decrescente: CUH > CUE > CUD = CUA = UDH, respectivamente. Segundo Cunha et al. (2009), quando o CUD é igual ao UDH a distribuição é considerada normal.

Peixoto et al. (2005b), explicam que fatores como a solubilidade, a pureza dos produtos, a concentração da solução e o tempo de aplicação alteram a uniformidade de distribuição de nutrientes. Com isso, a baixa uniformidade de distribuição de soluções com sais fertilizantes provoca uma desuniformidade na produção, pela maior disponibilidade de nutrientes em algumas plantas do que em outras (CAMARGO, 2010).

Tabela 04. Coeficientes de uniformidade de distribuição do íon Potássio (K^+) referentes aos bocais em função das pressões de serviço

Pressão de Serviço	Bocais	Íon K^+					
		CUC	CUD	CUA	CUE	CUH	UDH
120 kPa	B1	97	94	95	95	96	94
	B2	95	94	92	94	95	92
	B3	97	96	95	96	97	95
150 kPa	B1	98	97	96	97	98	97
	B2	98	97	96	97	97	96
	B3	96	94	94	95	96	94
180 kPa	B1	97	94	95	96	97	95
	B2	96	93	94	95	96	94
	B3	98	97	98	98	99	98

* (B₁ – 0,90 mm, B₂ – 1,30 mm, B₃ – 1,80 mm)

Na Figura 01 estão representados os gráficos dos perfis radiais de distribuição de água para os bocais de diâmetro de 0,90 mm, 1,30 mm e 1,80 mm, estando os três associados às pressões de 120, 150 e 180 kPa. No geral, as distribuições da lâmina de água representadas pelos perfis radiais de aplicação tiveram influência das mesmas características dos coeficientes, sendo estas influenciadas pelo diâmetro do bocal e pela pressão de serviço. Observa-se que as menores lâminas de água foram encontradas na combinação entre o bocal de diâmetro de 0,90 mm operando com a pressão de serviço de 120 kPa (Figura 1A). Já as maiores amplitudes de precipitação ocorreram no bocal de 1,80 mm (Figura 1C), com destaque para a combinação B₃P₃ com uma lâmina máxima de 0,62 mm h⁻¹ a 0,30 m de distância da base do microaspersor, sendo esta combinação responsável pela menor variação das lâminas de água ao longo do perfil radial de aplicação, justificando assim, a maior eficiência de distribuição, com 87% de uniformidade de distribuição.

Nas Figuras 1B e 1C, nota-se uma grande amplitude de precipitação da lâmina no início do raio (zona próxima ao emissor) nas distâncias de 1,0 m e 1,7 m respectivamente, exceto para a Figura 1A, onde as menores amplitudes de lâminas ocorreram próximo ao emissor até a distância de 1,0 m, com intensidade de aplicação inferior a 0,16 mm h⁻¹, comportamento este, indesejável, pois contribui para uma baixa uniformidade de distribuição,

sendo constatado pelo valor médio de uniformidade de 64%. Esse comportamento corrobora com Guimarães et al. (2015), onde as menores amplitudes de precipitação próximo ao emissor, favoreceu a uma baixa uniformidade de distribuição, já o inverso, proporcionou uma maior uniformidade de distribuição.

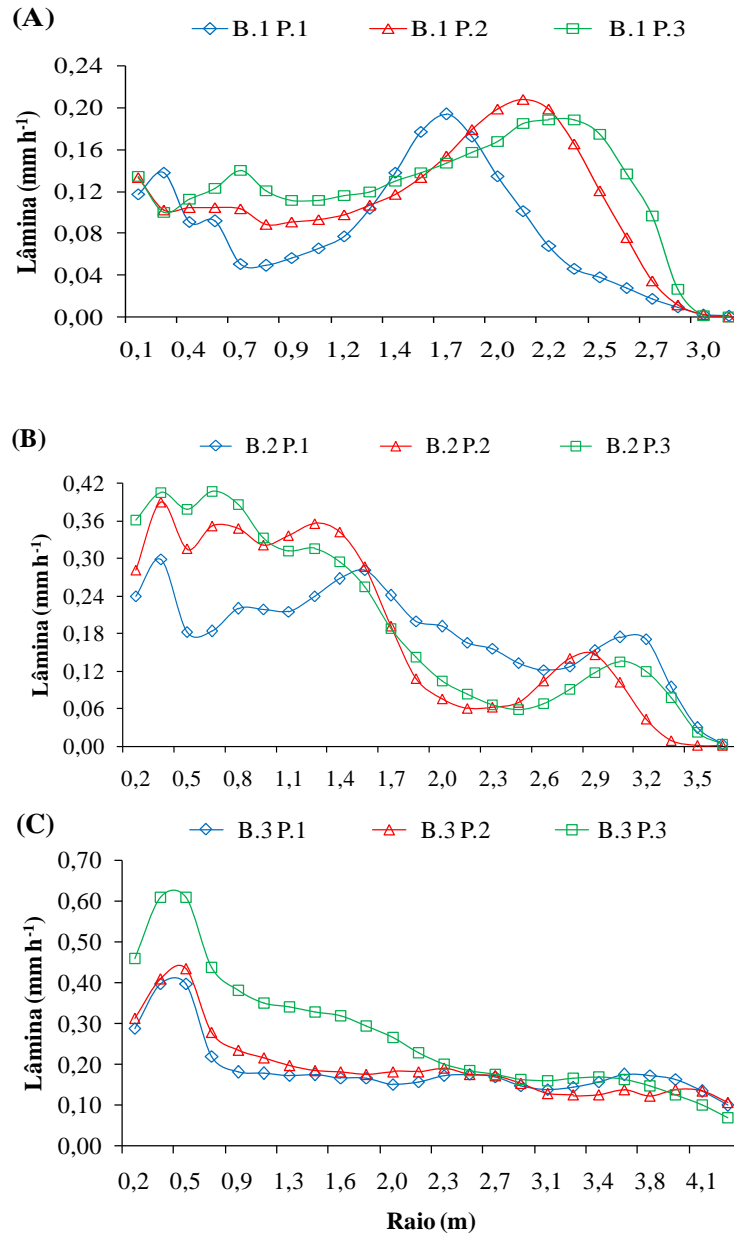


Figura 01. Perfis radiais de distribuição de água para os bocais B.1(A), B.2(B) e B.3(C), associados às pressões de P.1 – 120 kPa, P.2 – 150 kPa e P.3 – 180 kPa

Para o raio efetivo, que compreende como sendo a distância entre o emissor e pluviômetro, que contenha 10% da pluviometria média, observa-se que para todas as combinações entre bocais e pressões, o raio efetivo, teve início a partir da base do

microaspersor. Para os raios de alcance da lâmina, observa-se um aumento progressivo do raio, influenciado pelo diâmetro do bocal do emissor.

É importante salientar que os bocais de microaspersores para esse trabalho eram novos e que o tempo de uso destes pode modificar esses perfis radiais, devido ao desgaste das peças e problemas de obstrução. Isso influencia diretamente a sobreposição da lâmina no perfil radial e conseqüentemente a uniformidade de distribuição da lâmina. Sandri et al., (2010), avaliando a influência do tempo de uso sobre as características hidráulicas do microaspersor do grupo modular com bocais novos e usados observaram uma redução de 0,5 m do perfil radial quando comparado ao mesmo bocal, quando novo, para todas as pressões testadas.

O comportamento da distribuição do íon potássio representada pelo perfil radial de aplicação para diferentes bocais e pressões de serviços é apresentado na Figura 02. Uma característica interessante foi que a concentração média de potássio para todos os testes de combinações de bocal X pressão de serviço, foi, em média de 0,65; 0,67; 0,66; 0,65; 0,61; 0,61; 0,61; 0,62 e 0,65 mmol L⁻¹ respectivamente. Isso demonstra que houve uma alta solubilidade, assim, corroborando com Resende et al. (2006), afirmando que esse fertilizante químico utilizado (Cloreto de potássio) tem como característica, alta solubilidade em água (58% de solubilidade). Assim, favorecendo, além da alta solubilidade, uma boa homogeneidade desse íon no preparo da solução e proporcionando uma alta uniformidade de distribuição ao longo do perfil radial de aplicação.

Segundo Burt et al. (1995), a solução mineral, quando homogeneizada, implica em uma menor variação da sua concentração e isso resulta em uma menor influência na uniformidade. Diante desse comportamento uniforme do potássio ao longo do perfil de aplicação, as zonas de manejo para esse íon na cultura da manga podem ser estabelecidas em qualquer posição, quando utilizado sistema de irrigação localizado por microaspersão, para quando se deseja a obtenção de amostras de solos, visando o manejo da fertirrigação e/ou controle da salinidade.

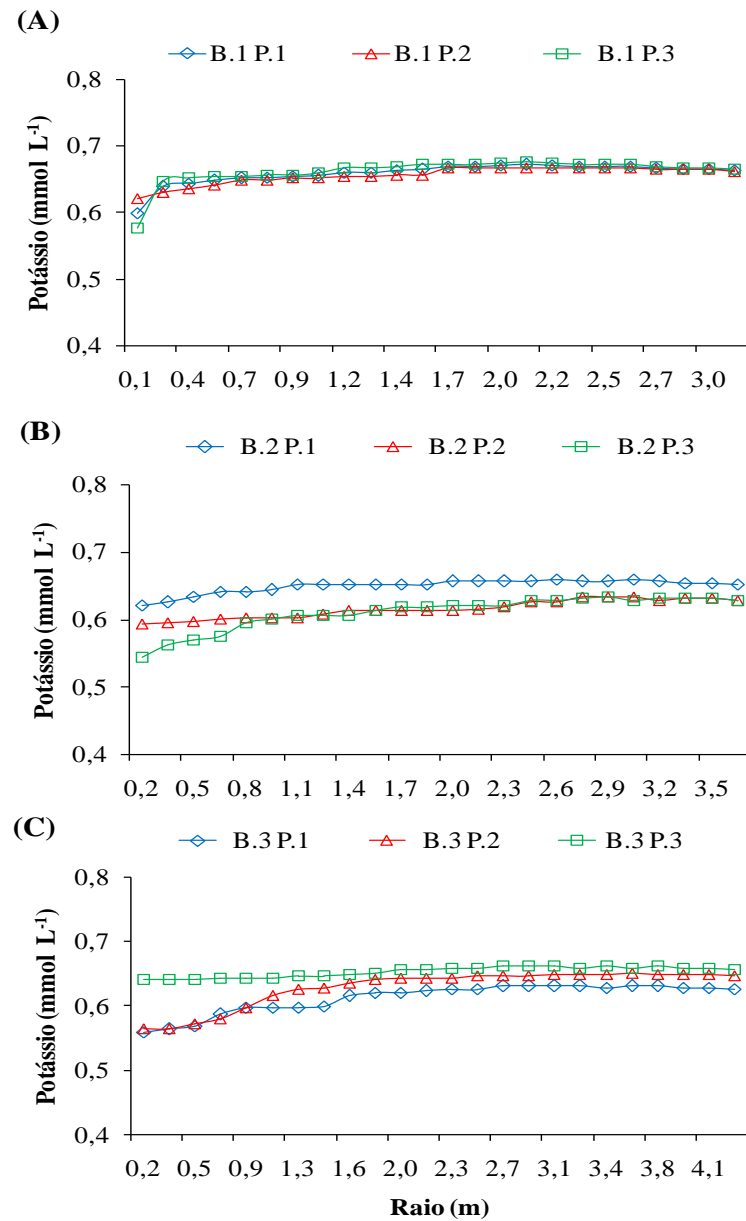


Figura 02. Perfis radiais de distribuição do íon potássio para os bocais B.1 (A), B.2 (B) e B.3 (C), associados às pressões de P.1 – 120 kPa, P.2 – 150 kPa e P.3 – 180 kPa.

CONCLUSÃO

Os perfis radiais de distribuição de água dos microaspersores têm comportamento distintos, que pode ser em função do diâmetro do bocal (principalmente) e da pressão de serviço, com aumentos progressivos dos perfis radiais de distribuição a partir do aumento do diâmetro do bocal.

A uniformidade de distribuição do íon específico potássio foi elevada, independente da distribuição do perfil da lamina de água para o respectivo estudo; podendo está associado a uma elevada solubilidade e homogeneidade desse íon na solução nutritiva.

Assim, zonas de monitoramento para manejo do potássio pode ser delimitada a qualquer distância a partir do ponto de emissão; no caso do respectivo estudo o ponto de emissão é o microaspersor.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Irrigação localizada** – microaspersores – requisitos gerais e métodos de ensaio. São Paulo, ABNT, 2004, 11 p. PNBR 04:015.08 – 015.

ALLEN, R.G. (1992) - **Catch-3D sprinkler pattern analysis software: user's manual**. Logan: Utah State University, Department of Biological and Irrigation Engineering, 14p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field evaluation of microirrigationsystems**. St. Joseph, 1996. p.792-797.

ANDRADE, E.M.; MEIRELES, A.C.M.; NESS, R.L.L.; CRUZ, M.G.M. Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo, na Região da Chapada do Apodi. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.33, n.2, p.5-12, 2002.

ARAQUAM, W. W. C., CAMPECHE, L. F. S. M. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação do perímetro irrigado Nilo Coelho em Petrolina-PE. **Revista Semiárido De Visu**, v.2, n.3, p.303-316, 2012.

AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; AMARGO, D. C.; GARCÍA, A. C.; ARAÚJO, T. V. V.; CAMPÊLO, A. R. Fertirrigação potássica do cajueiro com diferentes fontes e formas de diluição do cloreto de potássio. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 325-332, 2014.

AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 152-158, 2000.

BASTOS, A. V. S.; OLIVEIRA, R. C.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; BASTOS, F. J. C.; TEIXEIRA, M. B. Uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por autopropelido. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial 01, p. 94-103, 2014.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V.; NOGUEIRA, M.C.S. Fertirrigação com água salina e seus efeitos na produção do pepino enxertado cultivado em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 442-446, setembro 2002.

BOMFIM, G. V.; MANZANO, J.; AZEVEDO, B. M.; VASCONCELOS, D. V.; VIANA, THALES V. A. Potassium distribution in drip irrigation with fertigation for different injection distances in the main line. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p. 1150-1161, 2014.

BORSSOI, A. L. et al. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. The irrigation training research center. Polytechnic State University, California. 1995. 320 p.

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 Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

COELHO, A. M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. In: **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem - ABID**. n. 58, p. 44-54, 2003.

COELHO, E. F.; NETO, T. M. A.; BARROS, D. L. Concentration of injection solution and its effects on soil and on yield of fertirrigation banana cv terra Maranhão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p. 1104-1113, 2014.

COSTA, A. R.; REZENDE, R. FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana (cucurbita pepo l.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 105-127, 2015.

CUNHA, F. F.; ALENCAR, C. A. B.; VICENTE, M. R.; BATISTA R. O.; SOUZA, J. A. R. Comparação de equações para cálculo da uniformidade de aplicação de água para diferentes sistemas de irrigação. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.17, n.5, 2009.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by Sprinkling. Berkeley: California Agricultural Station.**1942. 124p. Bulletin, 670.

CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKLEY, D.G. Methods for Evaluating Irrigation Systems. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA, **Agricultural Handbook**, 82, 1956. 24p.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; SANTANA, J. A. V. Resposta da mangueira Tommy Atkins a irrigação em condições semiáridas. **Revista Ceres**, vol. 55, n. 1, p. 15-20, 2008.

GEISENHOFF, L. O.; OLIVEIRA, F. C.; BISCARO, G. A.; ALMEIDA, A. O. C.; SCHWERZ, F. Yield of single-head broccoli under different irrigation systems. **Eng. Agríc., Jaboticabal** , v. 35, n. 5, p. 863-874, 2015.

GUIMARÃES, M. J. M.; SOARES, H. R.; MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F. Desempenho hidráulico e perfil de distribuição de água de emissores tipo microaspersor multifuncional. **Rev. Bras. Agric. Irr.** v. 9, n. 6, p.383- 391, 2015.

HART, W.E. **Overhead irrigation pattern parameters.** Transactions of the ASAE, Saint Joseph, v.42, n.7, p.354-355, 1961.

IPA. Comissão estadual de Fertilidade do solo. **Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco**. p.169. Recife/PE: IPA. 2008.

KARMELI, D.; KELLER, J. **Trickle Irrigation Design**. Glendora: Rain Bird Manufacturing Corporation, 1975. 132p.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNADEZ, J.F.G. Riego localizado. 2 ed. Madrid: **Centro Nacional de Tecnologia de Regadíos**, 1992. p.217-229.

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

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.

MARQUES, M. A. D.; CAMPECHE, L. F. S. M. Caracterização hidráulica de emissores e testes de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação por mini aspersão. **Revista Semiárido de Visu**, v.2, n.1, p.162-175, 2012.

OLIVEIRA. M. V. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L. 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.

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.

PEREIRA, F. N. de S.; LEAL, B. G. **Rede de Sensores Sem Fio para Fins de Manejo da Irrigação**. Trabalho de Conclusão de Curso, Mestrado em Engenharia Agrícola – UNIVASF, Juazeiro-BA, 2014.

RESENDE, A. V. et al. O suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Espaço e Geografia**, Brasília, DF, v. 9, n. 1, p. 19-42, 2006.

REZENDE, R.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.B. Desempenho de um sistema de irrigação pivô-central quanto à uniformidade de distribuição de água, abaixo e acima da superfície do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.2, n.19, p.01-07, 1992.

SANTOS, H. R.; RESENDE, R. S. Uniformidade de irrigação por microaspersão sob condição de cobertura morta e doses de água na cultura do coqueiro anão. In: Seminário de iniciação científica e pós-graduação da EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 4., 2014, Aracaju. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SANDRI, D.; MESQUITA, M.; BESSA, KADY. S. E.; PRADO, L.C.R.A. Influência do tempo de uso sobre as características hidráulicas do microaspersor do grupo modular. **Eng. Agríc**, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1089-1100, 2010.

SILVA, A. O. A fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido. **Nativa**, v. 02, n. 03, p. 180-186, 2014.

WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, Ottawa, v.27, n.11, p.565-583, 1947.

CAPÍTULO II

DINÂMICA NA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA LÂMINA E DOS ÍONS ESPECÍFICOS SÓDIO E POTÁSSIO COM DIFERENTES BOCAIS E QUALIDADES DE ÁGUA

RESUMO: A escassez de água e a necessidade de se utilizar a mistura de fontes hídricas de diferentes qualidades e com alta eficiência de aplicação estimulou a elaboração do presente trabalho. Esta pesquisa foi realizada com o propósito de avaliar o comportamento da lâmina, da salinidade e dos íons sódio e potássio, utilizando mistura de águas de diferentes qualidades equiparada a três bocais de microaspersor, com diferentes diâmetros. As fontes hídricas para esse experimento foram coletadas no Rio São Francisco e no poço tubular da Embrapa Semiárido, ambas com diferentes qualidades. As análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação (IRRIGAR), da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Juazeiro-BA. Experimentalmente foi utilizado três bocais de microaspersores com diferentes diâmetros ($B_1 - 0,90$ mm, $B_2 - 1,30$ mm, $B_3 - 1,80$ mm) e a mistura da água do rio São Francisco com água salina de poço profundo na proporção de (1:1), operando com uma pressão de serviço de 150 kPa, com 3 repetições. O aumento do diâmetro do bocal proporcionou um maior volume de lâmina aplicado, porém sem diferença na uniformidade de aplicação entre os bocais, obtendo-se com os três, valores superiores a 85%. O comportamento salinidade e dos íons específicos sódio e potássio apresentaram alta uniformidade ao longo do perfil de aplicação para todos dos bocais, possibilitando a definição de zonas de monitoramento para o manejo, que, conforme esse trabalho poderá ser realizado a qualquer ponto a partir do emissor, definindo assim, mais uma estratégia válida para o controle e monitoramento, empregados na agricultura de precisão.

Palavras-chave: Irrigação, qualidade da água, salinidade, uniformidade

DYNAMICS IN DISTRIBUTION UNIFORMITY GIVES BLADE AND IONS SPECIFIC SODIUM AND POTASSIUM WITH DIFFERENT NOZZLES AND WATER QUALITIES

ABSTRACT: Water scarcity and the need to use the mixture of water sources of different qualities and with high application efficiency stimulated the development of the present work. This research was conducted for the purpose of evaluating the blade behavior salinity and

sodium and potassium ion using a mixture of different water quality equivalent to three nozzles in micro-sprinklers, with different diameters. The water sources for this experiment were collected the San Francisco River and the tube well gives Embrapa Semiárido, both with different qualities. Analyses were performed in the Irrigation Laborator (IRRIGAR), the Federal University of São Francisco Valley (UNIVASF), Campus Juazeiro-BA. Experimentally we used three nozzles of micro-sprinklers '(B₁ – 0,90 mm, 'B₂ – 1,30 mm' e 'B₃ – 1,80 mm)', and the mixture of the São Francisco River with saline water from deep well in proportion (1:1), and operating pressure 150 kPa, with three replications. Increasing the nozzle diameter provides a higher volume of used blades, but no difference in uniformity of application between the nozzles, yielding to the three, with values greater than 85%. The salinity behavior and specific ions sodium and potassium showed high uniformity throughout the application profile for all the nozzles, allowing the definition of monitoring zones for management that, as that work, It may be performed at any point starting of emitter, thus defining, longer a valid strategy for the control and monitoring, used in precision agriculture.

Keywords: irrigation, water qualities, salinity, uniformity

INTRODUÇÃO

Com tendência universal de redução da disponibilidade de água na agricultura, a irrigação vem passando por mudanças importantes e significativas nos sistemas de irrigação (MATA et al., 2010). A gestão da irrigação no mundo exigirá cada vez mais que os irrigantes utilizem sistemas de irrigação de alta eficiência (BACCI et al., 2008; KIM et al., 2011.; MAJSZTRIK et al, 2011.; LEA-COX et al., 2013). Para isso é fundamental que o irrigante conheça o funcionamento do sistema de irrigação, especialmente dos seus índices de uniformidade de distribuição da lâmina, para maior segurança nas decisões em economia de água, fertilizantes e energia (COLOMBO et al., 2015).

Em sistemas de irrigação por microaspersão há uma elevada uniformidade de aplicação da lâmina, porém sua eficiência não se baseia somente na uniformidade projetada para o sistema, mas também sobre a forma como o sistema é utilizado (BARRAGAN et al., 2010). Isto exige que o sistema opere em condições de pressão ideais para cada bocal utilizado; quando essa combinação não é apropriada, ela altera diretamente a uniformidade da lâmina de irrigação (PLAYÁN et al., 2006). A boa uniformidade de distribuição da lâmina

aplicada pelo sistema reduz o volume de água acima do necessário e contribui para uma oferta adequada dessa lâmina pelo sistema (MYRIOUNIS et al., 2015). Essa uniformidade de aplicação da água é um importante parâmetro para gestão do manejo da irrigação localizada (ZHAO et al., 2012).

De acordo com Coelho et al. (2005), um simples aumento de 1% na eficiência do sistema de irrigação para clima árido e semiárido, reflete em uma economia de aproximadamente de 200 m³ de água em um hectare ao ano. Uma maneira de avaliar a eficiência de um sistema de irrigação está na aplicação de coeficientes de uniformidade, que designam a variabilidade das lâminas aplicadas sobre a área irrigada (FARIA et al., 2015).

Esse tipo de sistema possibilita a utilização de insumos agrícolas, como fertilizantes, que são aplicados junto com a água de irrigação, técnica essa conhecida como fertirrigação (MORAVEJALAHKAMI et al., 2012). Porém, ao se adicionar os sais fertilizantes na água, ela se torna mais salina e essa salinidade é proporcional à quantidade de fertilizantes aplicados e a qualidade da água na irrigação. No entanto, nem sempre a salinidade da água advém dos sais fertilizantes, principalmente na região do Semiárido Nordestino, onde as fontes hídricas para irrigação, além de escassas, apresentam, na maioria, alta concentração de sais, o que muitas vezes tornam inviáveis para a irrigação.

Porém, com o aumento da produção agrícola, a utilização dessas fontes hídricas de qualidade inferior acaba tornando-se uma alternativa para irrigação (LIMA et al., 2014). Para isso, na necessidade de adaptação, muitos produtores que têm na mesma propriedade, fontes hídricas de qualidades diferentes, estão optando em combiná-las para uso na irrigação, uma vez que a água rica em sais poderá ter sua concentração diluída quando se mistura com uma água de baixa salinidade.

Diante da descrita situação, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a dinâmica da uniformidade da água, da salinidade e dos íons específicos sódio e potássio, utilizando diferentes bocais de microaspersor com a mistura de duas águas de diferentes salinidades.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, situado geograficamente nas coordenadas 9°24'40,9"S e 40°30'48,3"W. O clima do município é o semiárido, com temperatura média de 24,2°C e pluviosidade média anual de 427 mm (PEREIRA, 2014).

Experimentalmente foi testado três bocais de microaspersores ‘(B₁ – diâmetro de 0,90 mm, ‘B₂ – diâmetro de 1,30 mm’ e ‘B₃ – diâmetro de 1,80 mm)’, e a mistura da água do rio São Francisco e água salina de poço profundo na proporção de (1:1); operando a uma pressão de serviço de 150 kPa, com três repetições. Para o experimento, foi construída uma pista de teste para microaspersores, com uma área de 8,0 m². Para a aplicação das lâminas de água, foi utilizado microaspersores não regulados.

Como fonte hídrica para esse trabalho, foi utilizada a mistura da água do Rio São Francisco sem tratamento com água salina de um poço tubular na proporção de 1:1 Tabela 1.

Tabela 01. Caracterização química da água bruta do Rio São Francisco e Salina.

Parâmetros químicos	Unidade	Água do Rio São Francisco	Água Salina
pH	—	7,4	8,6
Condutividade elétrica	dS/m	0,3	7,2
Potássio	mg/L	2,1	12,34
Sódio	mg/L	3,0	340

* dS/m= decisiemens por metro; mg/L= miligrama por litro

As soluções nutritivas foram determinadas conforme recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008) para a cultura da banana irrigada, na fase do plantio ao término da primeira colheita. Os fertilizantes minerais utilizados foram uréia (45% N), superfosfato simples (18% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O), onde foram diluídos em uma caixa d’água com capacidade máxima para 1000 L.

Tabela 02. Doses de Uréia, Superfosfato Simples e Cloreto de Potássio em 1000 litros de água para a cultura da manga cv.Pacovan, do plantio ao término da primeira colheita em Juazeiro-BA, 2015.

Fontes de adubo	Uréia	Super Fosfato Simples	Cloreto de potássio
Doses Aplicadas (g 1000L ⁻¹)	24,73	41,22	38,13

*Uréia (45% N) - Solubilidade de 1.000 g L⁻¹; Super Fosfato Simples (18% P₂O₅) - Solubilidade de 16 g L⁻¹ e Cloreto de Potássio (60% K₂O) - Solubilidade de 340 g L⁻¹.

Para a pressurização do sistema, foi instalado um conjunto motobomba de 0,5 cv de potência. A pressão de serviço foi controlada por um manômetro do tipo Bourdon e instalado na saída da bomba, possibilitando a aplicação através de um sistema de irrigação por microaspersão instalado sobre uma haste de polietileno a uma altura de 30 cm, sendo esta sustentada por um tripé de metal cravado sobre uma base de concreto. Os volumes foram coletados por meio de pluviômetros cilíndricos de PVC, com altura de 7,5 cm e diâmetro de 9,5 cm, tendo estes uma área de 0,078 m², dispostos e espaçados equidistantes de 0,15m. As lâminas foram obtidas utilizando a Equação 1.

$$L_i = \frac{V_p}{A_p} = \frac{V_p \times 4}{\pi \times D_p^2} \dots\dots\dots(1)$$

em que:

L_i – lâmina individual por pluviômetro (mm)

V_p – volume coletado por pluviômetro (m³)

A_p – área do pluviômetro (m²)

D_p – diâmetro do pluviômetro (m²)

As variáveis analisadas foram a distribuição da lâmina média da água (L_a), da salinidade, do pH e dos íons sódio e potássio, todas essas ao longo do perfil de aplicação de água pelo microaspersor. As amostras do íon sódio (Na⁺) e potássio (K⁺) foram quantificadas por meio de um espectrofotômetro de chama. A salinidade foi medida por meio de um condutivímetro de bancada e, em associação, realizou-se a medição do pH da solução nutritiva.

Foram calculados os seguintes coeficientes: Uniformidade de Christiansen (CUC – %) (CHRISTIANSEN, 1942), Uniformidade de Distribuição (CUD – %), (CRIDDLE et al., 1956), Uniformidade Absoluto (CUA – %) (KARMELI & KELLER, 1975), Uniformidade Estatístico (CUE – %) (WILCOX & SWAILES, 1947), Uniformidade de Hart (CUH – %), (HART, 1961) e a Eficiência Padrão da HSPA (UDH – %) (HART, 1961). De posse dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC, CUD e CUE), os mesmos foram confrontados e em seguida classificados, conforme as metodologias propostas na Tabela 03.

Tabela 03. Classificação dos valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Graus de aceitabilidade CUD/CUE.

Classificação	Mantovani, 2001			Bernardo et al. 2008		Grau de aceitabilidade (%) ASAE (1996)	
	CUC	CUD	CUE	CUC	CUD	CUD	CUE
Excelente	> 90	> 90	90–100	> 90	> 90	100 – 94	100–95
Bom	80 – 90	80 – 90	80 –90	80 - 90	80 –90	87 – 81	90 – 85
Razoável	70 – 80	70 – 80	70 –80	70 - 80	70 – 80	75 – 68	80 – 75
Ruim	60 – 70	60 – 70	60 –70	60 – 70	70	62 – 56	70 – 65
Inaceitável	< 60	< 60	< 60	< 60	< 60	< 50	< 60

Fonte: Mantovani 2001; Bernardo et al. 2008; ASAE (1996)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças no desempenho dos bocais B_1 (0,90 mm), B_2 (1,30 mm) e B_3 (1,80 mm), com pressão de serviço de 150 kPa, em relação a sua distribuição de lâmina de água, encontram-se na Figura 01. No geral, observa-se que as maiores lâminas apresentam-se com os bocais de maiores diâmetros, e vice versa, ou seja, as menores lâminas com os bocais de menores diâmetros. Justificado pela teoria que relaciona a velocidade do fluido com a área da secção de escoamento, conhecida como a Equação da Continuidade para líquidos incompressíveis. As velocidades de escoamento da água calculadas, representando a energia cinética responsável pela aspersão da água na atmosfera, nos B_1 , B_2 , e B_3 , foram de 15,66; 16,92 e 14,00 $m s^{-1}$, respectivamente.

Porém, o raio de alcance para os três bocais testados foram iguais, com abrangência de 3,65 m em relação à base do microaspersor. Verificou-se assim, que os diâmetros dos bocais operando a 150 kPa, não alteram o raio de alcance da lâmina. Entretanto, os valores das lâminas decresceram à medida que se distanciou da base do microaspersor. Em relação a uniformidade de aplicação, os CUCs obtidos das médias das lâminas para os bocais B_1 , B_2 e

B₃ foram de 89%, 86% e 88% respectivamente, classificados como bom, segundo Mantovani, (2001) e Bernardo et al. (2008). Para os demais coeficientes testados, tem-se a seguinte ordem decrescente: CUH; CUE; CUA; CUD e UDH.

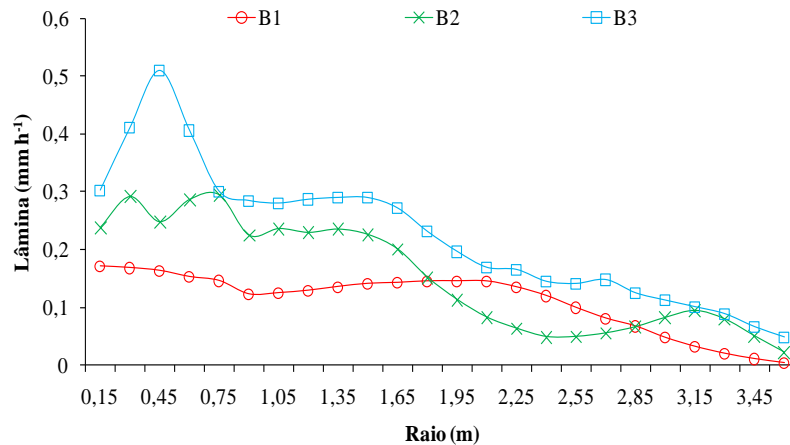


Figura 01. Perfis radiais de distribuição de água para os bocais B₁ (0,90 mm), B₂ (1,30 mm) e B₃ (1,80 mm), operando com pressão de 150 kPa.

O comportamento da condutividade elétrica e do pH em função dos bocais B₁ (0,90 mm), B₂ (1,30 mm) e B₃ (1,80 mm) funcionando a pressão de serviço de 150 kPa encontra-se na Figura 02.

Observa-se que a condutividade elétrica (Figura 2A), para todos os bocais, no geral, apresentou uma distribuição uniforme ao longo do perfil radial, com coeficientes de variação para B₁, B₂ e B₃ de 2,5%; 3,8% e 1,2%, respectivamente. A média da condutividade elétrica para os bocais B₁, B₂ e B₃ foram de 4,92; 4,98 e 5,40 dS m⁻¹. Isso pode ser explicado pela diferença de lâminas aplicadas pelos bocais, em que, locais que receberam maiores lâminas, conseqüentemente, obtiveram maiores concentrações de sais. Justificando a relação da condutividade elétrica (dS m⁻¹) e a concentração de sais dissolvidos (mg L⁻¹)

Os CUCs para a variável condutividade elétrica, para os três bocais, foi superior a 95%, sendo classificado com excelente segundo Bernardo et al. (2008) e Mantovani, (2001); e isso pode está associado a boa solubilidade dos íons na água.

Para o pH (Figura 2B), observa-se uma baixa variação ao longo do perfil radial de aplicação da lâmina, com um pequeno declínio a partir da base do microaspersor, com valores máximo e mínimo de 8,6 e 8,0. No geral, os coeficientes de variação foram de 1,15%; 0,60% e 1,00% para B₁, B₂ e B₃, respectivamente. Apesar da adição dos fertilizantes químicos ter elevado o pH da água, tais valores encontrados são considerados adequados, podendo variar

entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2005; FAO 1974). Porém, é necessário cuidado, pois valores elevados de pH, podem provocar incrustações nas tubulações do sistema de irrigação devido à presença de carbonatos e bicarbonatos nas águas salinas (LIBÂNIO, 2005), e assim afetar a eficiência e a uniformidade da lâmina.

Em relação à variação da uniformidade do pH, os valores de CUCs, para todos os bocais, foi superior a 96%, classificados como de excelente uniformidade, segundo Bernardo et al. (2008) e Mantovani (2001).

Dessa forma, essas informações sobre a uniformidade de distribuição da condutividade elétrica e do pH, são fundamentais para estudos de zonas de monitoramento para o manejo da solução nutritiva ao longo do perfil de aplicação da lâmina, utilizando microaspersores com uma pressão de serviço de 150 kPa; segundo esse trabalho, as zonas de manejo poderão ser localizadas de forma conjunta e em qualquer ponto a partir do emissor.

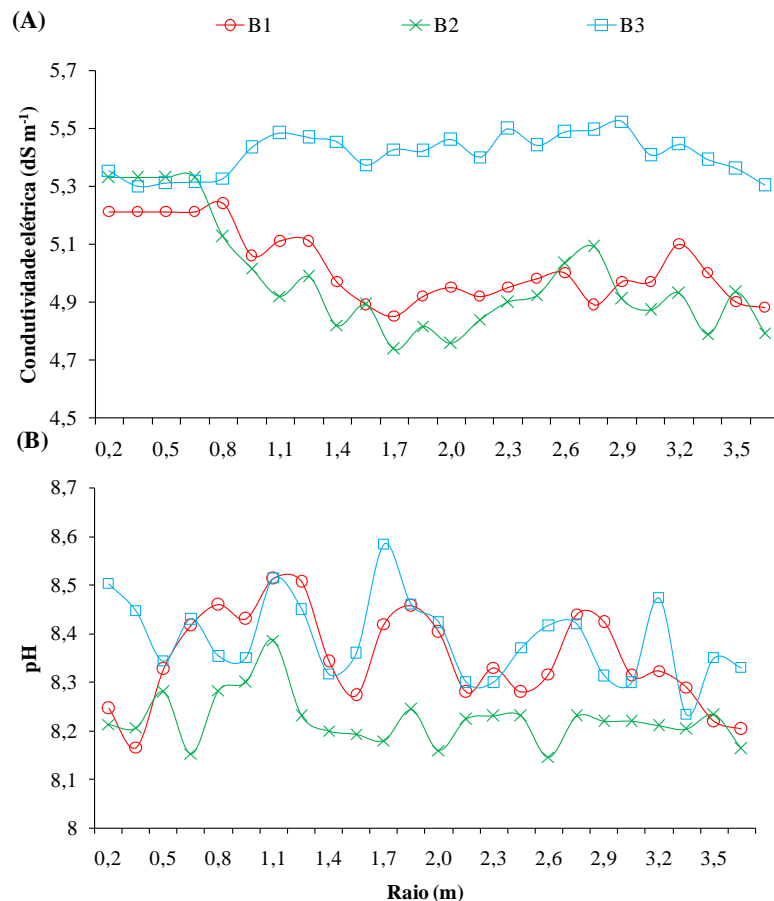


Figura 02. Perfis radiais de distribuição da condutividade elétrica e pH para os bocais B.1 (0,90 mm), B.2 (1,30 mm) e B.3 (1,80 mm), associados a pressão de 150 kPa.

Em relação às variáveis sódio e potássio, observa-se, novamente, uma baixa variação ao longo do raio de alcance do emissor (Figura 03). As concentrações dos íons sódio e potássio no perfil radial de aplicação seguiram a mesma tendência da variável condutividade elétrica. Esses resultados são justificados pela teoria de que os íons sódio e potássio estão entre os principais componentes (cátions) dos compostos iônicos que conduzem eletricidade se dissociados em meio aquoso.

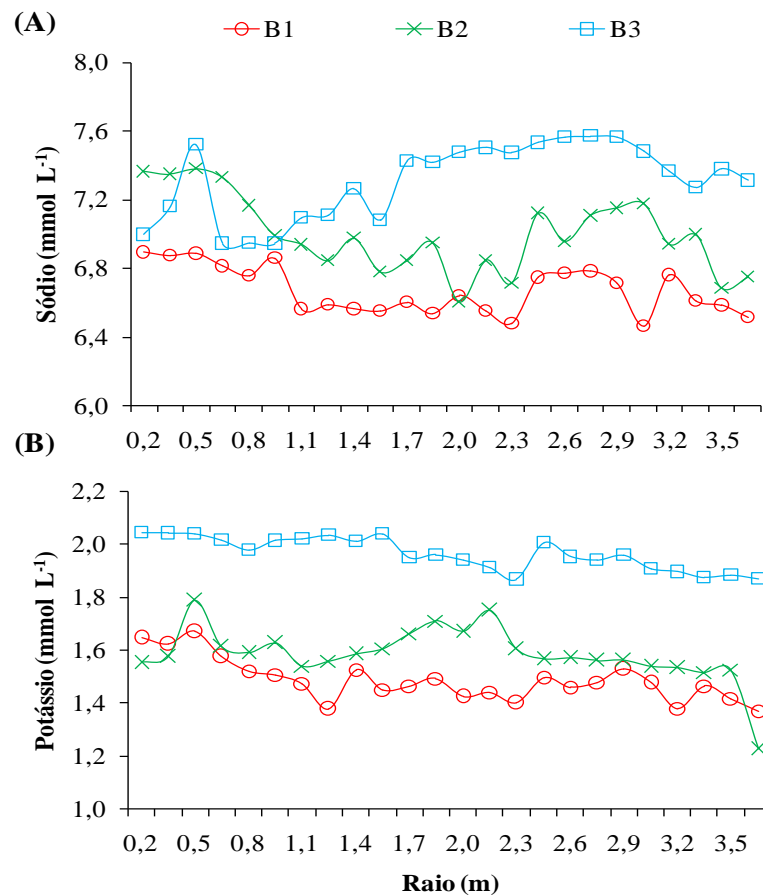


Figura 03. Perfis radiais de distribuição dos íons sódio (Na^+) e potássio (K^+) para os bocais B.1 (0,90 mm), B.2 (1,30 mm) e B.3 (1,80 mm), associados à pressão de 150 kPa.

Para o íon sódio (Figura 3A), a baixa variação desse elemento foi observada em todos os bocais B₁, B₂ e B₃, com coeficiente de variação de 3,1%; 3,0% e 2,1% e uma média de 6,67; 7,0 e 7,31 mmol L⁻¹, respectivamente. Para o íon potássio (Figura 3B), as variações foram bastante uniformes em todos os bocais, assim sendo confirmadas pela tendência dos coeficientes de variação, com baixa dispersão dos valores encontrados, apresentando coeficientes de variação de 5,4%; 6,5% e 3,1%, porém, superiores aos coeficientes encontrados para o sódio. Essa variação pode está relacionado a forma como esses elementos

foram obtidos, onde o elemento potássio, para o respectivo estudo, foi oriundo artificialmente da fonte de cloreto de potássio purificado e utilizado para o preparo da solução fertirrigante recomendada para a cultura da banana, ao contrário do sódio, que foi oriundo naturalmente da água salina de poço profundo, justificando sua menor variação, em relação ao potássio.

Busca-se assim, com esses resultados, melhorar o planejamento sobre o monitoramento dos íons sódio e potássio, no que diz respeito à definição das zonas de manejo quando se aplica a técnica da fertirrigação, associada a mistura de águas com diferentes qualidades.

Na Tabela 04 encontram-se todos os valores de coeficientes de uniformidade dos íons sódio e potássio, referentes aos bocais, e em função da pressão de serviço aplicada. Os resultados mostraram que, no geral, os valores dos coeficientes de uniformidade, tanto para o sódio como para o potássio, foram superiores a 90%. Os maiores valores de CUC estão destacados nos bocais B₁ e B₂, com uma média de 98% para os íons sódio e potássio, respectivamente, já o bocal B₃ foi menor apenas 1% em relação aos bocais B₁ e B₂. Esses valores de uniformidade do íon sódio e potássio são classificados como excelentes, segundo Bernardo et al. (2008) e Mantovani (2001).

Tabela 04. Coeficientes de uniformidade de distribuição do íon sódio (Na⁺) e do íon Potássio (K⁺) referente aos bocais em função da pressão de serviço

Pressão de Serviço	Bocais	Íon Na ⁺					
		CUC	CUD	CUA	CUE	CUH	UDH
150 kPa	B1	98	93	93	94	97	93
	B2	98	93	91	94	97	93
	B3	97	90	91	93	94	91
		Íon K ⁺					
		CUC	CUD	CUA	CUE	CUH	UDH
150 kPa	B1	98	93	94	97	97	93
	B2	98	90	92	97	97	91
	B3	97	90	91	95	96	90

* (B₁ – 0,90 mm, B₂ – 1,30 mm, B₃ – 1,80 mm)

Em seguida, para os demais coeficientes, tem-se a seguinte ordem, partindo do maior para o menor valor: CUH - 96%, CUE - 94% e CUA, CUD e UDH com 92% para sódio, e CUH = CUE, CUA e CUD = UDH, para potássio, com valores de 97%, 93% e 91%

respectivamente. Nota-se que tanto para o sódio como o potássio, o CUD foi igual ao UDH, e de acordo com CUNHA et al. (2009), quando isso ocorre, a distribuição dos valores pode ser considerada normal. Segundo Raji (1991), o sódio e o potássio têm um comportamento similar e essa alta uniformidade pode estar associada à solubilidade e à homogeneidade desses elementos na solução nutritiva, que são consideradas boas.

CONCLUSÃO

Os três bocais testados apresentaram uma boa eficiência de aplicação, operando com pressão de serviço de 150 kPa, podendo assim, ser indicado a nível de campo o uso de qualquer um desses bocais quando operando com essa pressão de serviço.

A distribuição da salinidade e dos íons sódio e potássio tiveram uma elevada uniformidade ao longo do perfil radial de aplicação da lâmina para todos os bocais testados; com isso, pode-se afirmar que esses resultados contribuem para definição de zonas de monitoramento para o manejo de uma gama de elementos na solução nutritiva, que para esse caso, ela poderá ser localizada a qualquer distância do microaspersor no perfil radial de aplicação da lâmina.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BACCI, L., BATTISTA, P., RAPI, B. An integrated method for irrigation scheduling of potted plants. **Sci. Hort.** v. 116, p.89–97, 2008.

MORAVEJALAH, KAM., B. MOSTAFAZADEH-FARD., M. HEIDARPOUR., F. ABBASI. The effects of different inflow hydrograph shapes on furrow irrigation fertigation. **Biosystems Engineering** v.111, p.186 – 194, 2012.

BARRAGAN, J., & WU, I. P. Optimal scheduling of a microirrigation system under deficit irrigation. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.80, p.201 e 208, 2001.

BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. E.; MARTINEZ, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 20, n. 1, p. 48-58, 1999.

COLOMBO, ALBERTO.; FARIA, L. C.; JOÃO J. DA SILVA JUNIOR, JOSÉ A. DO V. SANT'ANA, SAMUEL BESKOW & BERNARDO G. NÖRENBERG. Modelagem das perdas de água por evaporação e arraste de sprays de placa oscilante. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.8, p.719–726, 2015.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Revista Bahia Agrícola**, v.7, p.57-60, 2005.

CUNHA, F. F.; ALENCAR, C. A. B.; VICENTE, M. R.; BATISTA R. O.; SOUZA, J. A. R. Comparação de equações para cálculo da uniformidade de aplicação de água para diferentes sistemas de irrigação. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.17, n.5, 2009.

LÓPEZ-MATA, J.M. E. TARJUELO, J.A. DE JUAN, R. BALLESTEROS, A. DOMÍNGUEZ. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. **Agricultural Water Management**. v.98, p.190–198, 2010.

PLAYA N, N. E. ZAPATA , J.M. FACI, D. TOLOSA, J.L. LACUEVA, J. PELEGRI N, R. SALVADOR, I. SA NCHÉZ, A. LAFITA. Assessing sprinkler irrigation uniformity using a ballistic simulation model. **Agricultural water management** v.84 p.89–100, 2006.

FARIAI, L. C.; BESKOW. S.; COLOMBO, A.; NÖRENBERG, B. G.; NETO, O. R.; SIMÕES, M. C. Influence of the wind on water application uniformity of a mechanical lateral move irrigation equipment using rotating plate sprinklers. **Cienc. Rural**, a head of print Epub Oct 20, 2015.

BARRAGAN, J. LI. COTS , J. MONSERRAT A , R. LOPEZ , I.P. WU. Water distribution uniformity and scheduling in micro-irrigation systems for water saving and environmental protection. **biosystems engineering**v. v.107 p.202 e 211, 2010.

KIM, J., VAN IERSEL, M.W., BURNETT, S.E. Estimating daily water use of twopotunia cultivars based on plant and environmental factors. **Hort Science**, v. 46, p.1287–1293, 2011.

LEA-COX, J.D., BAUERLE, W.L., VAN IERSEL, M.W., KANTOR, G.F., BAUERLE, T.L., LICHTENBERG, E., KING, D.M., CRAWFORD, L. Advancing wireless sensor networks for irrigation management of ornamental crops: an overview. **Hort Technology** 23, 717–724, 2013.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Editora Átomo, 2005.

MAJSZTRIK, J.C., RISTVEY, A.G., LEA-COX, J.D. Water and nutrient management in the production of container-grown ornamentals. **Hortic. Rev.** v. 38, p.253–297, 2011.

MCCREADY, M.S., DUKES M.D., 2011. Landscape irrigation scheduling efficiency and adequacy by various control technologies. **Agricultural Water Management** 98:697–704

MYRIOUNIS, CH., TSIROGIANNIS, I.L., MALAMOS, N., BAROUCHAS, P., BABILIS, D.I., CHALKIDIS, I. **Agriculture and Agricultural Science Procedia** v.4, p.300 – 309, 2015.

PEREIRA, F. N. de S.; LEAL, B. G. **Rede de Sensores Sem Fio para Fins de Manejo da Irrigação**. Trabalho de Conclusão de Curso, Mestrado em Engenharia Agrícola – UNIVASF, Juazeiro-BA, 2014.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991, p.343.

ROBERTO QUIRÓS, GARA VILLALBA, PERE MUÑOZ, XAVIER FONT, XAVIER GABARRELL. Environmental and agronomical assessment of three fertilization treatments applied in horticultural open Field crops. **Journal of Cleaner Production** v.67, p.147 e 158, 2014.

SILVA, D. J.; SILVA, A. O.; BASSOI, L. H.; SILVA, B. R. C.; TEIXEIRA, R. P.; SOUZA, D. R. M. Adubação orgânica e fertirrigação potássica em videira 'syrah' no semiárido. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial 01, p. 168-178, 2014.

SILVA, S.O.; ALVES, E.J.; LIMA, M.B.; SILVEIRA, J.R.S. Melhoramento genético da bananeira. In: BRUCKNER, C.H. (Ed.). **Melhoramento de espécies frutíferas**. Viscosa: UFV, 1999. cap.1.

WEIXIAZHAO, JIUSHENGLI, YANFENGLI, JIANFENGYIN. Effects of drip system uniformity on yield and quality of Chinese cabbageheads. **Agricultural Water Management**. v.110, p.18–128, 2012.

WILDE C, JOHNSON J, BORDOVSKY J P. Economic analysis of subsurface drip irrigation system uniformity. **Applied Engineering in Agriculture**, v.25, p.357-361, 2009.

ZANINI, J.R. **Hidráulica da fertirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora**. Piracicaba: ESALQ - USP, 1987, 103p. Tese Doutorado.

CONCLUSÃO GERAL

O diâmetro dos bocais teve efeito direto sobre a uniformidade de distribuição da lâmina, em função da pressão de serviço utilizado, com destaque para os bocais de 1,30 mm e 1,80 mm, ambos apresentaram uma boa eficiência de distribuição, assim, sendo apropriado seu uso em campo para qualquer um dos bocais testado nesse trabalho.

Em relação à uniformidade de distribuição dos íons específicos sódio e potássio e da condutividade elétrica, verificaram-se um comportamento uniforme, para todas as casualizações entre bocais e pressão de serviço, indicando no geral uma elevada dissolução e distribuição dos fertilizantes na solução nutritiva para a cultura da manga e banana.

Diante da alta uniformidade da condutividade elétrica e dos íons específicos, é possível definir zonas de monitoramento para o manejo de uma gama de elementos a ser analisados em um mesmo ponto e em qualquer distância do perfil radial de aplicação da lâmina em microaspersão.

É importante salientar que a uniformidade de distribuição da lâmina, íons específicos e salinidade poderá em momentos futuros, ser alteradas em decorrência do desgaste das peças e incrustações nas tubulações e peças especiais.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S. Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.804-811, 2010.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A salinidade das águas disponíveis para pequena irrigação no sertão nordestino: Caracterização, variação sazonal, limitação de uso. Recife: **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**, 1995. 128p.

ALLEN, R.G. (1992) - **Catch-3D sprinkler pattern analysis software: user's manual**. Logan: Utah State University, Department of Biological and Irrigation Engineering, 14p.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2010. Disponível em:<http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro/livro_qualidade_agua.pdf>

ANDRADE, E. M. A irrigação e suas implicações sobre o capital natural em regiões áridas e semiáridas: Uma revisão. **Revista Ceres**, v.56, p.390-398, 2009.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 836-841, 2006.

ARAÚJO, G. J. F.; SILVA, M. M. crescimento econômico no semiárido brasileiro: o caso do polofrutícola Petrolina/Juazeiro. **Caminhos de Geografia**. v. 14, n. 46, p. 246–264, 2013.

AZEVEDO, B. M.; AMARGO, D. C.; FERNANDES, C. N. V.; GARCÍA, A. C.; VIANA, T. V. A.; CAMPÊLO, A. R. Monitoramento da distribuição de uma solução no solo via fertirrigação por gotejamento. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 572-586, 2013.

BACCI, L., BATTISTA, P., RAPI, B., 2008. An integrated method for irrigation scheduling of potted plants. **Sci. Hort.** 116, 89–97.

BARROSO, A. A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. O.; PALACIO, H. A. Q. AND LIMA, C. A. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 588 – 593, 2011.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 596p.

BEZERRA, F. M. S.; SILVA, R. T.; NETA, M. L. S.; LIMA, L. A.; MARTINS, D. C.; COSTA, J. P. B. M.; RÉGIS, L. R. L.; OLIVEIRA, F. A. Efeito residual da fertirrigação no cultivo do pimentão sobre a cultura do feijão-caupi. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.11, n.2, p 38-45, 2015.

BOOKER J.F, MICHELSEN A.M, HOWITT R.E; YOUNG, R.A. Economics and the Modeling of Water Resources and Policies. *Natural Resource Modeling Journal*, 25 I, 2012.

BORSSOI, A. L. et al. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.

BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. E.; MARTINEZ, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 20, n. 1, p. 48-58, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: SUDENE, 1973. 354 p (SUDENE. Boletim técnico nº 26).

CASTRO, I. E. de (2000). Ilhas de tecnologia no Nordeste Brasileiro e a reinvenção da natureza. **Revista Território**, ano V, nº 9, Rio de Janeiro, jul./dez. 2000, pp. 4563. Disponível em:<<http://goo.gl/PJONQA>>. Acesso em: 21/03/2015.

CASTRO, I. E. de (1994). Da seca como tragédia à seca como recurso: velhos e novos recursos, velhos e novos territórios. **Anuário Igeo – Anuário do Instituto de Geociências**, v. 17, 1994, pp.113. Disponível em: <<http://goo.gl/clwQ29>>. Acesso em: 22/03/2015.

COELHO, A. M. Fertirrigação em culturas anuais produtoras de grãos. In: **Revista Trimestral da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem - ABID**. n. 58, p. 44-54, 2003.

CODEVASF. **Perímetros Irrigados. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco**. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados>. Acesso em: 18/04/2015.

COSTA, J. P. B. M.; RÉGIS, L. R. L.; OLIVEIRA, F. A. Efeito residual da fertirrigação no cultivo do pimentão sobre a cultura do feijão-caupi. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.11, n.2, p 38-45, 2015.

CODESVASF (2013). **Perímetros irrigados**. Disponível em: <<http://goo.gl/BxH1MI>>. Acesso em: 08/10/2014.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.

CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKLEY, D.G. **Methods for Evaluating Irrigation Systems**. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA, 1956. 24p. Agricultural Hand book, 82.

DANTAS, E. W. C. (2010). Mutações no Nordeste brasileiro: reflexão sobre a produção de alimentos e a fome na contemporaneidade. **Confins (Paris)**, v. 10, nº 10, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/KsUjhK>>. Acesso em: 18/03/2015.

DNOCS (2013). **Perímetros públicos de irrigação**. Disponível em: <<http://goo.gl/pwFNDc>>. Acesso em: 08/10/2014.

DUENHAS, L.H. **Cultivo Orgânico De Melão: Aplicação De Esterco E De Biofertilizantes e Substâncias Húmicas Via Fertirrigação**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP. Piracicaba, 2004.

FILHO, F. A. C.; LAGIOIA, U. C. T.; ARAÚJO, J. G. N.; FILHO, L. L. S.; BARBOSA, Í. S. Gestão do risco operacional em arranjo produtivolocal: um estudo exploratório no setor de fruticultura. **Revista Catarinense da Ciência Contábil – CRCSC**, Florianópolis, v. 14, n. 41, p. 46-60. 2015.

FIGUEIREDO, L.E.N. **A demanda da água para irrigação: Uma aplicação da programação matemática positiva para os perímetros irrigados do submédio do rio São Francisco**. 2015. f194. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Pernambuco.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba, SP: ESALQ-Depto. Engenharia Rural, 1992. 53p

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. 1.ed. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim técnico 180).

GHASSEMI, F.; JAKEMAN, A. J. & NIX, H. A. (1991). Human induced salinization and the use of quantitative methods. *Environmental International*. Pergamon Press plc. USA, vol. 17, p. 581-594.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, p. 894-904, 2010.

HART, W.E. Overhead irrigation pattern parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.42, n.7, p.354-355, 1961.

HOWELL, T. A.; HILER, E.A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2. 1974, Riverside. **Proceedings**. p.299-304.

HUFFAKER, R., HAMILTON, J., 2007. Conflict. In: Lascano, R.J., Sojka, R.E. (Eds.), *Irrigation of Agricultural Crops*, second ed. ASA-CSSA-SSSA publishing, Madison, Wisconsin (Agronomy Monograph no. 30; 664 p.).

KANO, C. ; CARDOSO, A.I.I. ; VILLAS BÔAS, R. L. Influencia de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 287-291, 2010.

KELLER, J. E KARMELI, D. (1975) - **Trickle irrigation design parameters**. Glendora, Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. *Transactions of the ASAE*, **St. Joseph**, v.17, n.4, p.678-684. 1974.

KIM, J., VAN IERSEL, M.W., BURNETT, S.E., 2011. Estimating daily water use of twopotunia cultivars based on plant and environmental factors. **Hort Science**. 46,1287–1293.

LEA-COX, J.D., BAUERLE, W.L., VAN IERSEL, M.W., KANTOR, G.F., BAUERLE, T.L., LICHTENBERG, E., KING, D.M., CRAWFORD, L., 2013. Advancing wireless sensor networks for irrigation management of ornamental crops: an overview. **HortTechnology** 23, 717–724.

LEVIEN, S.L.A.; FIGUEIRÊDO, V.B. Metodologia simplificada para a estimativa em campo da uniformidade de sistemas de irrigação por gotejamento superficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n.5, p. 290-299, 2013.

LUNA, N. R. S.; ANDRADE, E. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; MEIRELES, A. C. M.; AQUINO, D. N. Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE. **Revista Agro@ambiente Online**, v.7, n.1, p.53-62, 2013.

MACIEL, G. A. Grandes, médias e pequenas empresas em APLs: o tamanho da firma importa? In 5ª Conferência Brasileira de Arranjos Produtivos Locais, Brasília, 2011.

MAJSZTRIK, J.C., RISTVEY, A.G., LEA-COX, J.D., 2011. Water and nutrient management in the production of container-grown ornamentals. **Hortic. Rev.** 38, 253–297.

MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa informação Tecnológica, 2011. cap. 1, p. 24-26.

MARQUES, M. A. D.; CAMPECHE, L. F. S. M. Caracterização hidráulica de emissores e testes de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação por mini aspersão. **Revista Semiárido de Visu**, v.2, n.1, p.162-175, 2012.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A., OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.

OLITTA, A.F.L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Livraria Nobel, 1987. 287p.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, C. J. G. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Campina Grande, v.17, n.11, p.1152-1159, 2013.

OLIVEIRA, A.B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-16, 2010.

ORTEGA, A. C. SOBEL, T. F. “Desenvolvimento Territorial e Perímetros Irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos Perímetros Irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE).” **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 35, p. 87-118, 2010.

PAES, L.A.D. **Características hidráulicas dos microaspersores Dantas MA120 e Irtec e das linhas laterais em sistemas de irrigação por microaspersão.** Viçosa, 1985. 85f. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Viçosa.

PAES, R A. **Alternativas para o Desenvolvimento Sustentável do Submédio do São Francisco.** Dissertação de Mestrado. Centro de desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2009.

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.

PIZARRO CABELLO, F. Riegos Localizados de alta Frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación. 3 ed. **rev. ampl.** Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513p.

RIBEIRO, T.P et al. Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’. **R. Bras. Frutic.**, 31:343-351, 2009.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E; MEDEIROS, J. F. de. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.15-22, 2005.

ROBERTS, T. L. Improving nutrients use efficiency. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.32, p.177-182, 2008.

RODRÍGUEZ, M.; ZEA, H. Evaluation of a synthesis process for the production of calcium nitrate liquid fertilizer. **International Journal of ChemTech Research**, v.7, N°4, p.1960-1965, 2014-2015.

RODRIGUES, A. C.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G.; CAMPOS, V. B.; DINIZ, A. A. Caracterização de frutos de maracujazeiro amarelo em solo tratado com biofertilizante supermagro. **Magistra**, v.20, p.264-272, 2008.

SANTOS, F. P.; COELHO, E. F.; CARVALHO, J.T. **Uniformidade de distribuição de água e ions em diferentes profundidades do solo com bananeira fertirrigada.** II INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, Fortaleza/CE, 2014.

SANTOS, R. A. et al. Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes* h.b.k.)¹. In: XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2003, Goiânia. **Anais...** Piracicaba: Sbea, 2003.

SILVA, L. L.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; SOUZA, R. P. F.; FEITOSA, S. O.; ALCÂNTARA, P. F. Produção da pimenta tekila bode vermelha irrigada com efluente tratado sob diferentes concentrações. **Revista AGROTEC**, v. 36, n. 1, p. 9-17, 2015.

SILVA, D. O. M. Validação de um sensor de determinação da umidade do solo para o manejo da irrigação. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Juazeiro-BA, 2013.

SILVA, D. J.; SOARES, J. M. **Fertirrigação** In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed.). **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. cap. 11, p.483-512.

SILVA, D.J. Nutrição e adubação da mangueira em sistema de produção integrada. Petrolina, Embrapa, 2008.(**Circular Técnico**).

SILVEIRA, P. R. A.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. Distúrbios de vazão em gotejadores devido a aplicação de CO₂ via água de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, nº. 4, p.308 - 320, 2014.

TERRA. 100 maiores PIBs da agropecuária, 2012. Disponível em :<<http://www.terra.com.br/economia/infograficos/pib-agropecuaria/>> Acesso em : 21 Dez. 2013.

TESTEZLAF, R. **Irrigação na Propriedade Agrícola.** UNICAMP / Faculdade de Engenharia Agrícola / Departamento de Água e Solo. n.19, agosto 1997.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **A Importância da irrigação no desenvolvimento do Agronegócio**. Universidade Estadual de Campinas, jul. 2002. Disponível em < <http://www.agr.feis.unesp.br/csei.pdf> >. Acesso em 22/03/2015.

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water is attribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, Ottawa, v.27, n.11, p.565-583, 1947.