

**FRANCIMAR DA SILVA ALBUQUERQUE**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO EM UM CULTIVO DE  
PIMENTÃO FERTIRRIGADO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

**RECIFE**

**Dezembro de 2010**

**FRANCIMAR DA SILVA ALBUQUERQUE**

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO EM UM CULTIVO DE  
PIMENTÃO FERTIRRIGADO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

RECIFE

Dezembro de 2010

Ficha catalográfica

A345L      Albuquerque, Francimar da Silva  
Lâminas de irrigação e doses de potássio em um cultivo  
de pimentão fertirrigado na Região Metropolitana do Recife /  
Francimar da Silva Albuquerque. -- 2010.  
90 f.: il.

Orientador: Ênio Farias de França e Silva.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Tecnologia Rural, Recife, 2010.  
Referências.

1. Pimentão 2. Irrigação localizada 3. Potássio 4. Lisímetros  
de drenagem 5. Fertirrigação 6. Gotejamento 7. Perda de  
nutrientes 8. *Capsicum annuum* L. 9. Salinidade do solo  
I. Silva, Ênio Farias de França e II. Título

CDD 631.7

**Lâminas de irrigação e doses de potássio em um cultivo de pimentão fertirrigado na  
Região Metropolitana do Recife**

FRANCIMAR DA SILVA ALBUQUERQUE

Dissertação defendida e aprovada em 07 de Dezembro de 2010 pela Banca Examinadora:

Orientador:

---

Ênio Farias de França e Silva, Prof. Dr.  
DTR/UFRPE

Examinadores:

---

Marcos Vinícius Folegatti, Prof. PhD.

LEB/ESALQ/USP

---

João Audifax César de Albuquerque Filho, Prof. Dr.

DTR/UFRPE

---

Lilia Gomes Willadino, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>.

DQ/UFRPE

"Na vida, não vale tanto o que temos, nem tanto importa o que somos. Vale o que realizamos com aquilo que possuímos e, acima de tudo, importa o que fazemos de nós!"

**Chico Xavier**

“A sabedoria da vida não está em fazer aquilo que se gosta, mas gostar daquilo que se faz.”

**Leonardo da Vinci**

Aos meus familiares e amigos pelo apoio, a minha namorada Amanda Rocha pelo carinho, dedicação e incentivo em todos os momentos,

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Expresso meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e, em especial, as seguintes pessoas e instituições:

- A Deus, pelo eterno companheirismo e permissão da execução deste trabalho;
- Aos meus pais, Eliane e Olavo, que nunca mediram esforços e sempre me transmitiram princípios de dedicação, respeito e amor;
- As minhas irmãs, Elivane e Milena, pelo carinho, apoio e alegre convivência.
- A minha namorada, Amanda Rocha, pelo companheirismo, amor e carinho;
- Ao meu orientador, o professor Ênio Farias de França e Silva, pela orientação, confiança, oportunidade, ensinamentos e acima de tudo a amizade;
- Ao professor João Audifax César de Albuquerque Filho, pelas sugestões nas análises estatísticas, pela atenção e amizade;
- Ao professor Egídio Bezerra Neto, pela prontidão em sanar dúvidas, apoio e incentivo e disponibilização do laboratório para desenvolvimento deste trabalho;
- À banca examinadora, composta pelos professores Marcos Vinícius Folegatti, João Audifax César de Albuquerque Filho e Lilia Gomes Willadino, pelas valiosas contribuições e aceite do convite.
- Aos colegas de graduação, André, Diego, Hammady, Pablo e Vinícius, pelo apoio e amizade.
- Aos colegas de pós-graduação, Adriana Guedes, Alexandre, Bianca, Caetano, Carmem, Celestino, Cléoma, Eduardo, Gledson, Irenilson, José Francisco, José Marcelo, Júlio José, Liliane, Lúcio, Marcela Luna, Mércia, Matheus, Patrícia, Rogério, Samuel, Sonivagno, Thais Emanuelle, Thais Fernanda, Ulka e Valdemir, pelo convívio e amizade;
- A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola;
- Aos estagiários, Alexsandro, Cássio, Fernanda, Géssica, Isaac, Heitor, Helma, Marco, Marcus, Osvaldomiro, Renata e Rosa, pela dedicação na condução do experimento;
- Ao funcionário do DTR, Lulinha, pela ajuda sempre que solicitado;
- À Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade;
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa.

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro à Pesquisa - Projeto Universal/Processo 4843302007-1.

**SUMÁRIO**

Resumo .....	x
Abstract.....	xi
<b>CAPÍTULO I - Introdução Geral .....</b>	<b>12</b>
Literatura Citada.....	23
<b>CAPÍTULO II - Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio na Região Metropolitana do Recife .....</b>	<b>28</b>
Resumo .....	29
Abstract.....	29
Introdução.....	30
Material e Métodos.....	32
Resultados e Discussão.....	40
Conclusões.....	50
Literatura Citada.....	51
<b>CAPÍTULO III - Alocação de biomassa seca e eficiência do uso da água em pimentão fertirrigado na Região Metropolitana do Recife.....</b>	<b>55</b>
Resumo .....	56



Abstract.....	56
Introdução.....	57
Material e Métodos.....	59
Resultados e Discussão.....	61
Conclusões.....	68
Literatura Citada.....	69
<b>CAPÍTULO IV - Lixiviação de potássio em cultivo de pimentão fertirrigado na Região Metropolitana do Recife</b> .....	<b>72</b>
Resumo.....	73
Abstract.....	73
Introdução.....	74
Material e Métodos.....	75
Resultados e Discussão.....	78
Conclusões.....	85
Literatura Citada.....	86
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>89</b>

## RESUMO

### LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO EM UM CULTIVO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

**Autor:** Francimar da Silva Albuquerque

**Orientador:** Ênio Farias de França e Silva

Uma característica marcante nas cidades brasileiras de médio e grande porte é a existência de áreas denominadas “cinturões verdes”, localizadas em seu perímetro urbano ou peri-urbano, onde se cultivam frutas e hortaliças que abastecem o mercado consumidor. A fertirrigação é de comprovada eficácia no aumento da produtividade e da qualidade do produto colhido e na maior eficiência na utilização dos nutrientes, principalmente os mais móveis como o potássio. O pimentão está entre as dez hortaliças de maior importância econômica no mercado hortigranjeiro brasileiro. Sendo assim, objetivou-se avaliar os efeitos de lâminas de irrigação e doses de potássio em um cultivo de pimentão na Região Metropolitana do Recife. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), aplicadas parceladamente de acordo com a fase fenológica, por intermédio de sistema de irrigação por gotejamento, com emissores auto-compensantes, instalado em uma bateria de 40 lisímetros de drenagem cultivados com pimentão (Maximos F1), localizada no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE. O ciclo fenológico durou 142 dias, onde eram realizadas medições de altura de plantas e diâmetro do colo, variáveis de produção e estimativa do índice de área foliar ao final do ciclo, bem como a determinação da alocação de biomassa seca, eficiência do uso da água e umidade nos frutos do pimentão. Durante todo o ciclo procedeu-se à medição dos volumes gerados a partir de drenagem natural e proveniente dos balanços quinzenais de água nos lisímetros, e coleta de amostras para análises da concentração de K<sup>+</sup> e CE. De forma geral, as variáveis de crescimento e de rendimento foram influenciadas pelas lâminas de irrigação e doses de potássio aplicadas. A eficiência do uso da água foi influenciada pelos tratamentos de fertirrigação; a concentração de K<sup>+</sup> e a CE apresentaram ajustes lineares significativos em todas as fases do ciclo, cujos valores médios foram 9,79 mg L<sup>-1</sup> e 0,35 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, e a aplicação da maior lâmina e da maior dose resultaram em maiores perdas de K<sub>2</sub>O, em média de 60,10 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Capsicum annuum*, fertirrigação, lisímetros de drenagem, rendimento.

## ABSTRACT

### WATER DEPTHS AND DOSES OF POTASSIUM ON FERTIGATED SWEET PEPPER CROP AT RECIFE REGION

**Author:** Francimar da Silva Albuquerque

**Advisor:** Ênio Farias de França e Silva

A striking feature of the Brazilian cities of medium and large size is that there are areas called "green belt", located on the perimeter urban or peri-urban, where they grow fruits and vegetables that supply the consumer market. Fertigation is of proven effectiveness in increasing productivity and quality of the product and the most efficient use of nutrients, especially as more mobile potassium. The sweet pepper is among the ten most economically important vegetable crops in Brazilian market horticulture. Therefore, the objective was to evaluate the effects of irrigation and potassium in a sweet pepper cultivation in the Metropolitan Region of Recife. The experimental design was completely randomized in 5 x 2 factorial, with four replications and five water depths (80, 90, 100, 110 and 120% ETC) and two levels of potassium (80 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O) applied split according to phenological phase, through a drip irrigation system with pressure compensating emitters installed in a battery of 40 drainage lysimeters cultivated with pepper (Maximos F1) located on the campus of Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, PE. The phenological cycle lasted 142 days, where measurements were made of plant height and diameter, variable input and estimated leaf area index at the end of the cycle, and the determination of dry biomass allocation, water use efficiency and water content in fruits of sweet pepper. Throughout the cycle proceeded to the measurement of the volumes generated from natural drainage and coming from biweekly water balance in lysimeters, and collection of samples for the concentration of K<sup>+</sup> and EC. In general, the variables of growth and yield were influenced by water depths and potassium doses applied. The water use efficiency were influenced by fertigation treatments, the concentration of K<sup>+</sup> and EC showed significant linear adjustments in all phases of the cycle, whose mean values were 9.79 mg L<sup>-1</sup> and 0.35 dS m<sup>-1</sup>, respectively, and the application of most blade and the highest dose led to larger losses of K<sub>2</sub>O, average of 60.10 kg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Capsicum annuum*, fertigation, drainage lysimeters, yield.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

## INTRODUÇÃO

A espécie botânica *Capsicum annuum* é uma solanácea perene, porém cultivada como planta anual. Os trabalhos publicados sobre a cultura do pimentão, nas condições brasileiras, são encontrados em muito menor número, em relação ao tomate e à batata. A planta é originária do Continente Americano, ocorrendo variadas formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos até ao norte do Chile, em regiões apresentando temperaturas amenas ou elevadas (Filgueira, 2003).

É uma hortaliça tipicamente de clima tropical. No Brasil é cultivado em todo território nacional, sendo uma das dez hortaliças de maior importância econômica no mercado hortigranjeiro brasileiro. No nordeste, destacam-se como principais produtores os estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Bahia em ordem decrescente (Ceasa-PE, 1992).

Houve aumento de 0,94% no preço em outubro de 2010, se comparado com setembro de 2010, mesmo no período de safra que ocorre de setembro a março, o que decorre da diminuição pontual da oferta, em virtude do maior controle com o monitoramento da utilização de agroquímicos no produto, por parte da ADAGRO/CEASA/PE. Este cenário aponta para aumento discreto dos preços, para os consumidores no curto prazo. O preço médio histórico fica em torno de R\$ 16,00 a 17,00 o cento (R\$ 1,60/kg) (Ceasa-PE, 2010a). O cultivo de pimentões é uma atividade significativa para o setor agrícola brasileiro. Anualmente, cerca de 12.000 ha são cultivados com esta hortaliça, com uma produção de aproximadamente 280.000 toneladas de frutos.

A produção de pimentão existe em todos os Estados da Federação, mas concentra-se nos Estados de São Paulo e Minas Gerais que plantam, em conjunto, cerca de 5.000 ha, alcançando uma produção de 120.000 toneladas (Ribeiro & Cruz, 2002). A principal região produtora de pimentão do Estado de Pernambuco é o Agreste, onde é cultivado predominantemente por pequenos produtores desprovidos de altos recursos tecnológicos. Segundo o Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco, a comercialização de pimentão por mês chega a 709 toneladas, sendo metade vinda de Pernambuco, oriunda dos municípios de Camocim de São Félix, São Joaquim do Monte, Gravatá e João Alfredo. A outra parte comercializada vem do Estado da Paraíba (Ceasa-PE, 2010b).

O pimentão é uma planta de origem tropical, desenvolvendo-se e produzindo sob temperaturas elevadas ou amenas, sendo as exigências térmicas superiores àquelas do tomateiro. Filgueira (2003) afirma que o gênero *Capsicum* (pimentão e pimentas) apresenta

apreciável variabilidade genética, originando uma gama muito ampla de formas silvestres e cultivadas. Fitomelhoristas, no Brasil e no exterior, vêm criando cultivares melhoradas.

Segundo este mesmo autor, no caso específico do pimentão, em termos do formato do fruto produzido, observa-se que há dois grupos distintos de cultivares sendo produzidos no Brasil: o grupo que pode ser denominado genericamente de alongado (formato cônico, piramidal ou cilíndrico) é preferido na maioria das regiões brasileiras e sua cultura é predominante, atualmente ocorrendo a substituição de cultivares tradicionais, não-híbridos, pelos híbridos introduzidos por firmas produtoras ou importadoras de sementes (alguns desses novos híbridos adaptam-se igualmente bem ao cultivo tanto no campo como em casa-de-vegetação, havendo um número razoável de cultivares desse grupo e as introduções e substituições são freqüentes); o segundo grupo, denominado quadrado (na verdade apresenta formato aproximadamente cúbico, sendo o comprimento apenas ligeiramente superior à largura) predomina em certas regiões nordestinas e meridionais, e tais frutos são de menor aceitação comercial no Centro-Sul, havendo um número muito restrito de cultivares deste grupo.

A maior parte da produção brasileira de pimentão é composta por frutos colhidos e comercializados no estágio “verde”, mesmo na época atual. Um híbrido de pimentão, para ser competitivo em relação às cultivares não-híbridas e manter-se no mercado, deve apresentar características mais favoráveis, destacando-se: maior produção de frutos comerciáveis de alta qualidade; maior precocidade na colheita; resistência ao mosaico Y e ao mosaico-do-fumo; e tolerância à podridão-do-colo, antracnose e pústula bacteriana (Filgueira, 2003). Tanto no campo como nos mercados, constata-se que os híbridos de pimentão produzem melhores frutos, maiores, mais pesados, mais uniformes e de melhor conservação, sendo mais valorizados na comercialização.

O solo mais adequado para o cultivo de pimentão é aquele de textura média, profundo e bem drenado. Solos excessivamente argilosos são desfavoráveis à planta, inclusive por acumularem um indesejável excesso hídrico durante o período chuvoso. Solos arenosos requerem adubação organo-mineral mais farta, e irrigações mais frequentes e mais abundantes. A faixa de acidez de pH 5,5 a 6,8 é a mais favorável à cultura. As exigências de planta em Ca e Mg são elevadas. O espaçamento definitivo é de 100 a 130 cm entre fileiras, e de 40 a 60 cm dentro das fileiras (Filgueira, 2003).

A irrigação, efetuada por aspersão, gotejamento ou em sulco, é aplicada objetivando-se manter o solo junto às raízes com 80% ou mais de água útil. Deve-se manter esse conteúdo elevado de água ao longo do ciclo cultural, especialmente durante a frutificação e a colheita. Entretanto, a drenagem da gleba deve estar assegurada, evitando-se um excesso de água no

solo, que, entre outros malefícios, favorece a podridão-do-colo. Observa-se que as cultivares híbridas, que apresentam maior potencial produtivo, são mais exigentes, tanto em adubação como em disponibilidade de água (Filgueira, 2003).

Uma característica marcante nas cidades brasileiras de médio e grande porte é a existência de áreas denominadas “cinturões verdes”, localizadas em seu perímetro urbano ou peri-urbano, onde se cultivam frutas e hortaliças que abastecem o mercado consumidor. De acordo com Pereira (2000), o número de pessoas que, no mundo, participam das atividades relacionadas com a agricultura urbana e peri-urbana, é estimado em 800 milhões, gerando renda e produzindo alimentos. Ainda segundo o autor, estudos econômicos indicam que 32% das terras destinadas ao cultivo de alimentos são terrenos residenciais privados, 29% se situam na margem das rodovias, 16% na margem de rios e 16% em outras zonas de propriedade pública. A Região Metropolitana do Recife possui características edafoclimáticas bem peculiares. O período chuvoso inicia em março e termina em agosto, com oscilações térmicas e pluviométricas, ocasionando veranicos no período chuvoso; predominância de solos ácidos, altamente intemperizados, que, aliado à precipitação anual média de 1500 mm, provoca lixiviação de cátions base, tornando-se solos pobres do ponto de vista nutricional.

A demanda crescente pelos recursos hídricos para atender ao consumo humano, à indústria e à agricultura irrigada tem estimulado a pesquisa e a adoção de práticas que visam otimizar o seu uso. Dentre essas se destacam as relacionadas com o estudo das necessidades hídricas das culturas, em que se procura identificar as exigências das plantas em seus diferentes estádios de desenvolvimento. Esse conhecimento é fundamental para o planejamento e otimização do manejo da irrigação (Stone et al., 2002), principalmente quando a irrigação é de natureza complementar como acontece em regiões litorâneas.

A água no contexto da agricultura irrigada contribui com aproximadamente 38% do custo de produção (Resende et al., 1990). Por isso, reduções em produtividade não podem ser esperadas em decorrência da falta ou do excesso de água aplicada (Albuquerque & Durães, 2008). A aplicação de pouca água (irrigação com déficit) pode ser um desperdício óbvio, tendo em vista que a produção não poderia obter o benefício esperado. Por sua vez, a aplicação excessiva é muito mais destrutiva, pois satura o solo, o que impede a sua aeração, lixivia nutrientes, induz maiores evaporação e salinização e, posteriormente, eleva o lençol freático para um nível que somente pode ser drenado a um alto custo. Mesmo em regiões irrigadas, onde o lençol freático é facilmente drenado, permanece o problema da deposição de sais. Além disso, excesso de água propicia microclima favorável ao desenvolvimento de doenças e pragas, que podem causar prejuízo à cultura (Albuquerque & Durães, 2008).

A salinização dos solos pode ter origem natural ou induzida pelo homem. Os processos naturais associados diretamente a pedogênese são os responsáveis pela maior parte da área salinizada no mundo (Tanji, 1994). Entretanto, a salinização causada pela ação do homem é que traz maior impacto econômico, pois ocorre em áreas onde se realizou investimento de capital (Silva et al., 1999).

A salinização induzida pelo homem, denominada de secundária, está geralmente associada ao manejo inadequado da irrigação, ocorrendo principalmente em regiões áridas e semiáridas. Os fatores diretamente responsáveis pela salinização dos solos em áreas irrigadas são: uso de água de irrigação com alta concentração salina; elevação do lençol freático causado pelo manejo inadequado da irrigação, pelas perdas de água por infiltração em canais e reservatórios, e por deficiência de drenagem (Smedema, 1988); aplicação de fertilizantes salinos, de forma excessiva e pouco parcelada no decorrer do período, induzindo estresse osmótico ao sistema radicular (Silva et al., 1999).

A condutividade elétrica (CE) é usada para medir a quantidade de sais presentes na solução do solo. Tomé Jr. (1997) afirma que o excesso de sais na zona radicular, independentemente dos íons presentes, prejudica a germinação, desenvolvimento e produtividade da planta, pois uma maior concentração da solução exige da planta muita energia para conseguir absorver água. A CE expressa de forma direta a atividade eletrolítica dos íons no solo, pois existe uma relação direta entre os sais dissolvidos no solo e a CE na solução e a unidade que se mede é  $\text{dS m}^{-1}$  (Casarini & Folegatti, 1999). De acordo com Villas Bôas et al. (2002), o pimentão é uma cultura com tolerância moderada à salinidade do solo, apresentando como limite máximo da salinidade do solo sem registro de perdas de produtividade  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ , com redução de 14% da produtividade por cada  $\text{dS m}^{-1}$  acima do limite máximo da salinidade. Para a prevenção da presença excessiva de sais na zona radicular das plantas, principalmente para a agricultura intensiva em ambiente protegido, recomenda-se um monitoramento adequado do solo coletando amostras semanalmente para averiguar o nível de condutividade elétrica (Casarini & Folegatti, 1999).

A CE é o indicador de qualidade de água de irrigação mais utilizado, por sua praticidade, uma vez que pode ser determinada em laboratório ou diretamente no campo por um condutivímetro. Como existe uma estreita relação entre a concentração salina (CS) e a condutividade elétrica, a equivalência entre ambos pode ser calculada ou fornecida em tabelas (Macedo et al., 2005).



A agricultura irrigada tem sido importante estratégia para otimização da produção mundial de alimentos, proporcionando desenvolvimento sustentável no campo, com geração de empregos e renda de forma estável. Atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas irrigadas, e a irrigação, no foco do agronegócio, se insere em um conceito mais amplo de agricultura irrigada, sendo uma estratégia para aumento da produção, produtividade e rentabilidade da propriedade agrícola de forma sustentável, preservando o meio ambiente e criando condições para manutenção do homem no campo, através da geração de empregos permanentes e estáveis. Além disso, a irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura com adequados manejos dos recursos naturais (Mantovani et al., 2007).

A aplicação de água ao solo, na irrigação por gotejamento, é sob forma pontual, ficando a superfície do solo com área molhada em forma circular e o seu volume molhado com forma de um bulbo. Quando os pontos de gotejamento são próximos uns dos outros, forma-se uma faixa molhada contínua. A irrigação localizada traz como principais vantagens: maior eficiência no uso de água, maior produtividade, maior eficiência na adubação (fertirrigação), maior eficiência no controle fitossanitário, não interfere nas práticas culturais, adaptação a diferentes tipos de solos e topografia, utilização com água ou em solos salinos e economia de mão-de-obra (Bernardo et al., 2008).

O uso de água pelas plantas e, portanto, todos os processos fisiológicos estão diretamente relacionados ao seu *status* no sistema solo-água-plantas-clima. Assim, o conhecimento das inter-relações entre esses fatores é fundamental para o planejamento e a operação de sistemas de irrigação para se obter máxima produção e boa qualidade do produto. É através do fluxo de água no sistema solo-plantas-atmosfera que ocorre a absorção da maioria dos nutrientes pelas plantas, o resfriamento da superfície foliar pela perda de calor, a troca gasosa entre a planta e atmosfera e a abertura dos estômatos para a absorção de luz no processo de fotossíntese (Trani & Carrijo, 2004).

Para estes mesmos autores, a fertirrigação é a prática de fertilização das culturas através da água de irrigação, sendo o melhor e mais eficiente método de adubação das culturas, pois combina a água e os nutrientes, que juntamente com a luz solar são os fatores mais importantes para o desenvolvimento e a produção das culturas. Uma boa combinação desses dois fatores determina o rendimento e a qualidade das hortaliças. Para a correta prática da fertirrigação deve-se utilizar um sistema de irrigação apropriado, dotado dos equipamentos e acessórios necessários e a utilização de fontes de nutrientes solúveis em água. Os sistemas de

irrigação pressurizados são os mais eficientes para a fertirrigação, sendo que a uniformidade de distribuição dos nutrientes está diretamente relacionada com o coeficiente de uniformidade da água de irrigação, e foi com o advento da irrigação localizada, microaspersão e gotejamento, que a prática da fertirrigação se popularizou no mundo.

A eficiência da fertirrigação é determinada, em grande parte, pelo bom funcionamento do sistema de irrigação. Além de um sistema de irrigação bem dimensionado para boa uniformidade de aplicação de água e fertilizantes, deve-se dar bastante atenção ao manejo da água na cultura para que não ocorra deficiência ou lixiviação de nutrientes (Trani & Carrijo, 2004). A fertirrigação adapta-se bem a diferentes sistemas de irrigação, sejam eles fixos, móveis ou semi-fixos. No entanto, a aplicação dessa técnica é mais recomendada para os sistemas de irrigação localizada seguido por aspersão, principalmente nos sistemas fixos. A utilização desse método de irrigação eleva a eficiência do sistema, reduz as perdas dos fertilizantes por lixiviação, melhora o controle da concentração de nutrientes no solo e economiza mão-de-obra e energia. São vários os aspectos favoráveis à aplicação de fertilizantes através dos sistemas de irrigação localizada, todavia, é importante que a aplicação seja feita de forma correta a fim de evitar obstruções na tubulação e nos emissores (Sousa et al., 2005).

Ainda segundo estes autores, o princípio de aplicação da fertirrigação preconiza a utilização de produtos solúveis em água. Contudo, na seleção dos fertilizantes a serem utilizados deve-se considerar, além da solubilidade, os aspectos relacionados com a pureza, poder corrosivo, poder de acidificar e salinizar os solos e a compatibilidade entre produtos, sendo estas características importantes no manejo operacional do sistema, na uniformidade da distribuição de fertilizantes, na eficiência do uso dos nutrientes pela cultura e na preservação ambiental. De acordo com Costa et al. (1986), a fertirrigação é de comprovada eficácia no aumento da produtividade e da qualidade do produto colhido, na redução da mão-de-obra para aplicação, no consumo de energia, nos gastos com equipamentos e na maior eficiência na utilização dos nutrientes, principalmente os mais móveis como o potássio.

Cada nutriente tem sua função específica no crescimento e desenvolvimento vegetal. Fernandes (1971) mostra que o nutriente mais absorvido pelo pimentão é o potássio. O potássio é um elemento essencial na nutrição de plantas, sendo o cátion mais importante nos processos fisiológicos, não somente pela sua concentração nos tecidos vegetais, mas também pelas funções bioquímicas exercidas. A boa nutrição com potássio promove o uso eficiente da água, em consequência do controle da abertura e fechamento dos estômatos, e maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para os outros órgãos da planta (Malavolta

et al., 1997), exerce participação no processo de regulação do potencial osmótico das células (osmoregulação), na ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, na resistência à salinidade, geada, seca, doenças e acamamento, conferindo qualidade aos produtos (Epstein & Bloom, 2006; Faquin, 1994; Mengel & Kirkby, 1987; Marschner, 1995; Taiz & Zeiger, 2009). Além disso, é absorvido em grande quantidade e permanece móvel nas plantas, na forma do íon  $K^+$ .

Fernandes (1971), em condições de campo, observou que a extração de macronutrientes por um cultivo de pimentão foi de 84,3 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, 64,8 kg ha<sup>-1</sup> de cálcio, 51,2 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 8,4 kg ha<sup>-1</sup> de magnésio, 5,4 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre e 4,8 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo.

O estudo da necessidade de nutrientes em hortaliças tem recebido muita atenção, pois é de fundamental importância suprir as plantas com fertilizantes que não conduzam a um aumento excessivo da condutividade elétrica do solo ou do substrato, promovendo o melhor equilíbrio possível entre os mesmos. Entretanto, para elaborar uma solução ótima de nutrientes é necessário conhecer a absorção de cada elemento químico pela planta, relacionando-os com os fatores ambientais, substrato e características da espécie (Eymar et al., 1998).

A quantidade de fertilizantes a aplicar para qualquer cultura deve ser a mais próxima possível do que é extraído pela mesma, pois existe o perigo de salinização do solo devido ao acúmulo de sais na região do sistema radicular. Para agravar a situação, em ambiente protegido não há lixiviação natural do excesso de sais pela chuva e aplicação de lâmina de irrigação excessiva (Goldberg et al., 1971).

A absorção dos nutrientes pelas raízes ocorre por três vias: interceptação radicular, fluxo de massa e difusão. Nesses três processos a água tem papel fundamental, pois atua como solvente dos fertilizantes e como veículos dos mesmos. Em relação à difusão, trata-se de um movimento do elemento a curta distância dentro de uma fase aquosa, a solução do solo, estacionária, a favor do gradiente de concentração, isto é, de uma região de maior concentração para outra de concentração menor, a superfície da raiz em que a absorção fez com que ela diminuísse (Malavolta, 2006). Os níveis médios de potássio nos solos geralmente estão em 50 ppm, e para suprir a planta com quantidades adequadas deste nutriente deve-se utilizar fertilizantes potássicos com alta solubilidade e realizar a fertirrigação no momento certo, conseguindo resultados satisfatórios (Casarini & Folegatti, 1999). As principais unidades formadoras de solos do Brasil – Latossolos, Lateritas hidromórficas, areias quartzosas – ocupam a maioria absoluta do território nacional de terra firme, e são solos altamente degradados, com baixas reservas de minerais passíveis de intemperização, notadamente feldspatos potássicos e micas (Lopes, 1982).

Segundo Padilla (1998), a absorção do potássio ocorre em 85% por difusão, 10% por fluxo de massa e 5% por interceptação radicular, e no solo, o potássio se encontra sob quatro formas: 1) Forma trocável, onde o K sendo carga positiva é atraído pelas cargas negativas das partículas de argila e só é liberado quando outro elemento com forte atração toma o seu lugar; 2) Forma solúvel, referindo-se ao K que está na solução do solo e disponível para absorção das plantas; 3) Forma fixada, onde o K fica nas camadas de argila e não são disponibilizados para absorção (depende da mineralogia do solo); e 4) Forma mineral, onde o K se torna disponível através da intemperização dos minerais primários do solo. Sendo assim, mesmo o potássio não sendo tão móvel no solo, pode ocorrer lixiviação dependendo do volume de água aplicado ao solo (Casarini & Folegatti, 1999).

Os lisímetros são peças fundamentais na determinação da evapotranspiração, pois, além de permitirem a sua determinação direta, servem de instrumento de calibração para os métodos empíricos. Pela definição dada por Aboukhaled et al. (1982), lisímetros são “containers” preenchidos com solo localizados no campo para representar o meio, com superfícies vegetadas (culturas ou grama) para a determinação da evapotranspiração das culturas em crescimento ou cultura de referência, ou sem vegetação para determinar a evaporação de solo nudo. Sendo dividido em duas categorias: os lisímetros de pesagem (mecânica, eletrônica, hidráulica e de flutuação) e não pesáveis também chamados de “volumétricos” (drenagem e compensação com lençol freático constante).

O sucesso na agricultura irrigada depende de inúmeras variáveis que devem ser estudadas antes da implantação de um projeto de irrigação. Mas, duas variáveis são de extrema importância: o bom dimensionamento do sistema e o manejo da irrigação. Para isso, é necessário que se tenha informações precisas sobre vários parâmetros básicos, dentre os quais: a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>). Essas variáveis básicas da irrigação dependem dos elementos meteorológicos, da cultura e do solo, podendo ser medidas diretamente (lisímetros) ou indiretamente (equações combinadas) por vários métodos (Chaves et al., 2005). Tais fatos reforçam a idéia de que o somatório dessas informações refletirá em economia para o produtor, uma vez que a maximização no rendimento das espécies vegetais depende, entre outros fatores, do dimensionamento do sistema de irrigação e do conhecimento da demanda hídrica da cultura.

Numa superfície vegetada, ocorrem simultaneamente os processos de evaporação e transpiração. Evapotranspiração é o termo utilizado por Thornthwaite, no início da década de 40 do século passado, para expressar essa ocorrência simultânea. A evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de

água do solo às plantas (Pereira et al., 1997). O  $K_c$  é um coeficiente obtido pela razão entre a evapotranspiração da cultura e a de referência, estando correlacionado com a cultura selecionada, sua fase de desenvolvimento e as condições climáticas predominantes (Doorenbos & Pruitt, 1977). De acordo com o método da FAO (Food and Agriculture Organization), para a estimativa do coeficiente de cultura (Doorenbos & Pruitt, 1977; Allen et al., 1998), a cultura de ciclo anual é dividida em quatro fases do ciclo fenológico. Os métodos de determinação da  $E_{To}$  baseiam-se em dados climáticos, que utilizam desde equações mais simples – baseadas somente em dados de temperatura do ar à sombra – até equações mais complexas – baseadas em modelos físicos -, que levam em consideração vários parâmetros climáticos, incluindo a radiação solar e o componente aerodinâmico (Albuquerque & Durães, 2008).

Durante uma década a FAO adotou o conceito e a forma de cálculo da evapotranspiração de referência proposta por Doorenbos & Pruitt (1977) e Allen et al. (1989), comparando a evapotranspiração de referência obtida pelos métodos de Penman, Kimberly-Penman, Penman corrigido e Penman-Monteith; com medições lisimétricas, observaram que o modelo de Penman-Monteith foi o que melhor se ajustou às medições diárias e mensais e concluíram que a alfafa se ajusta melhor que a grama como cultura padrão na determinação da evapotranspiração de referência, visto que sua altura e rugosidade se aproximam da maioria das culturas agrícolas. A calibração da equação de Penman provocou vários problemas na definição da cultura de referência. Alguns pesquisadores argumentaram que as variedades de grama e suas características morfológicas não são padronizadas para diferentes condições climáticas e a alfafa apresenta problemas de variedade e manejo (Allen et al., 1994). Adotou-se como padrão, em 1998, a estimativa da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith - FAO/56.

Segundo Frizzone et al. (2005), vários fatores referentes ao solo, à planta e à atmosfera interagem entre si, determinando a produtividade das culturas agrícolas, certamente existindo uma relação funcional entre esses fatores e a produção das culturas, característica de cada condição ambiental. A resposta das culturas à irrigação pode variar em diferentes solos, climas e também em decorrência da quantidade e frequência de aplicação de água, podendo ainda o efeito da água na produção interagir com fertilizantes e uma série de outros insumos.

Bezerra Neto & Barreto (2004) afirmam que certos frutos podem atingir até mais de 90% de água; hortaliças-fruto como abóbora, pepino, melancia e tomate possuem 96,10; 96,00; 95,00 e 94,00% de umidade, respectivamente. Como regra geral, o conteúdo de água nos tecidos vegetais está relacionado com as atividades metabólicas nos mesmos. Ainda, segundo

estes autores, é importante se conhecer o conteúdo de água dos tecidos vegetais e das amostras porque a preservação das mesmas está relacionada com o teor de água, além de que para se comparar o valor nutritivo de dois ou mais alimentos, tem-se que levar em consideração os respectivos teores de matéria seca.

Segundo Pimentel Gomes (1984), há, fundamentalmente, dois tipos diferentes de tratamentos: os qualitativos e os quantitativos. São qualitativos, por exemplo, os cultivares de arroz ou as espécies de eucalipto, incluídos em um ensaio. São quantitativos os espaçamentos, os níveis de adubação de um nutriente (N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , etc.), as quantidades de água em um experimento de irrigação, as datas escolhidas em um ensaio de época de semeadura; porém, os fatores quantitativos equivalem aos qualitativos quando admitem apenas dois níveis (sem fósforo ou com  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , por exemplo). Em tais condições é essencial considerar a equação de regressão, que é a equação (real ou aproximada) que liga a variável quantitativa (dose de nutriente, espaçamento, data de plantio, etc.) àquela que se quer estimar (produção de milho, altura das plantas, teor de proteína na parte aérea, etc.).

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho era observar o efeito de doses de potássio aplicadas via fertirrigação na produção do pimentão, produzindo diretrizes como a lâmina de irrigação e dose de potássio que se deve aplicar no cultivo de pimentão nas condições edafoclimáticas da Região Metropolitana do Recife.

Os objetivos específicos foram: avaliar o crescimento e rendimento e estimar o índice de área foliar nas plantas de pimentão cultivadas em regimes de fertirrigação; estimar a eficiência do uso da água e o teor de água nos frutos de pimentão; determinar a quantidade de água absorvida pelas plantas de pimentão fertirrigadas em função das lâminas de irrigação e doses de potássio; avaliar as perdas de nutrientes por lixiviação em cultivo de pimentão sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de adubação potássica aplicadas via fertirrigação.

**LITERATURA CITADA**

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. Lysimeters. Rome: FAO, 1982. 68p. (Irrigation and Drainage Paper, 39).

ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. Uso e manejo de irrigação. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 528p.

ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal*, Madison, v.81, n.4, 1989, p.650-662.

ALLEN, R. G.; SMITH, M.; PEREIRA, L. S.; PERRIER, A. An update for the calculation of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*, New Delhi, v. 43, n.2, p.35-90,1994.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8ª ed. Viçosa: Ed. UVF, 2008. 625p.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. Métodos de análises químicas em plantas. Recife: UFRPE, 2004. 148p.

CASARINI, E.; FOLEGATTI, M. V. Aspectos relevantes na fertirrigação de flores e hortaliças. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.). *Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças*. Guaíba: Agropecuária. 1999. p. 441-457.

CEASA-PE. Participação e procedência dos produtos comercializados na CEASA-PE. Central de Abastecimento de Pernambuco, Recife-PE, 1992. 112p. (Relatório Técnico).

CEASA-PE. Comparativo mensal setembro/2010 dos preços (mais comum) em nível de atacado. Disponível em: <<http://www.ceasape.org.br/verArtigo.php?id=97>>. Acesso em: 06 nov. 2010a. (Artigo).

CEASA-PE. Disponível em: <<http://www.ceasape.org.br>>. Acesso em: 20 dez. 2010b.

CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M. A.; MEDEIROS, J. F.; BEZERRA, F. M. L.; MORAIS, N. B. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v.36, n.3, p.262-267, 2005.

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-69, 1986.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Trad. Maria Edna Tenório Nunes – Londrina: Ed. Planta, 2006. 403p.

EYMAR A. E.; LÓPEZ VELA, D.; CADAHÍA LÓPEZ, C. Fertirrigacion de coníferas y rosas, In: CADAHÍA LOPEZ, C. Fertirrigacion: cultivos hortícolas y ornamentales, Madrid: Mundi-Prensa, 1998, Cap. 2, p.417-463.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: UFLA, FAEPE, 1994. 227p.

FERNANDES, P. D. Estudo de nutrição mineral do pimentão (*Capsicum annuum* L.) cultivares Avelar e Ikeda: Absorção e deficiências de macronutrientes. Piracicaba, 1971. 85p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras-MG: UFLA, 2003. 333p.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE; SOUZA, J. L. M. DE; ZOCOLER, J. L. Planejamento da Irrigação: análise de decisão de investimento. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 626p.



GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; BAR, Y. The distribution of roots, water and minerals as a result of trickle irrigation. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v.96, n.5, p.645-648, 1971.

LOPES, A. S. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: *Potássio na agricultura brasileira*. p.51-66. Yamada, T.; Igue, K.; Muzilli, O.; Usherwood, N. R., eds. Inst. Da Potassa & Fosfato (EUA) e Inst. Internacional da Potassa (Suíça). Piracicaba, 1982. 555p.

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; ANGHINONI, I.; GENRO JÚNIOR, S. A.; VAZZANI, F. M. Salinidade na cultura do arroz no Rio Grande do Sul. IRGA: Divisão de Pesquisa. p 4-5, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 2. ed., atual. e ampl.: Viçosa: Ed. UFV, 2007. 358p.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2. ed. London, Academic Press, 1995. 889 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4. ed. International Potash Institute, 1987. 687 p.

PADILLA, W. A. Segundo curso de fertirrigacion em cultivos protegidos. 18-22 de maio de 1998, Quito, Equador, 127p. 1998.

PEREIRA, M. T. Qualidade de vida. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, São Paulo: USP, 2000, p.1-4.

PEREIRA, R. A.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PIMENTEL GOMES, F. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 160p.

RESENDE, M.; ALVES, V. M. C.; FRANÇA, G. E.; MONTEIRO, J. A. Manejo de irrigação e fertilizantes na cultura do milho. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 14, n. 164, p. 26-34, 1990.

RIBEIRO, C. S. C.; CRUZ, D. M. R. Tendências de mercado. Revista Cultivar Hortaliças e Frutas, Pelotas, n. 14, 2002.

SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; COELHO, R. D. Salinização dos solos cultivados sob ambientes protegidos no estado de São Paulo. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.). Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária. 1999. p. 267-276.

SMEDEMA, L. K. Water table control indices for drainage of agricultural land in humid climates. Agricultural Water Management, v.14, n.1, p.69-77, 1988.

SOUSA, V. F.; SANTOS, F. J. S.; ALMEIDA, O. A. Fertirrigação. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. 40p. (Documentos Embrapa Meio-Norte).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, J. G. Desempenho do modelo computacional SISDA 2.0 no manejo da irrigação do feijoeiro em condições de plantio direto e preparo convencional do solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 304-311, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4ª ed., Porto Alegre: Artmed. 2009. 848 p.

TANJI, K. K. (Ed.) Agricultural salinity management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, 71, 1994. 619p.

TOMÉ Jr., J. B. Manual para Interpretação de Análise de Solo. Editora Guaíba: Agropecuária, 1997.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. Fertirrigação em hortaliças. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. 53p. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 196).

VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENHAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia: Jaboticabal: Funep, 2002. 65p.

## **CAPÍTULO II**

### **CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

## **Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio na Região Metropolitana do Recife**

**Resumo:** Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o crescimento e produtividade da cultura do pimentão sob influência de lâminas de irrigação e doses de potássio. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), aplicadas parceladamente de acordo com a fase fenológica, por intermédio de sistema de irrigação por gotejamento, com emissores auto-compensantes, instalado em uma bateria de 40 lisímetros de drenagem cultivados com pimentão (Maximos F1), localizada no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE. O ciclo fenológico durou 142 dias, e durante este período eram realizadas medições de altura de planta e diâmetro do colo, variáveis de produção ao longo de cinco colheitas, e estimativa do índice de área foliar ao final do ciclo. As variáveis de crescimento e de rendimento foram influenciadas pelas lâminas de irrigação e doses de potássio aplicadas. Quando se fixou a menor dose, a estimativa do maior número de frutos por planta, peso médio de frutos e produtividade ocorreram com o emprego da lâmina de irrigação de máxima eficiência de 96, 120 e 102% da ETc, respectivamente; quando se fixou a maior dose, a estimativa do maior número de frutos por planta, peso médio de frutos e produtividade ocorreram com o emprego da lâmina de irrigação de máxima eficiência de 120, 97 e 98% da ETc, respectivamente.

**Palavras chave:** *Capsicum annuum*, ciclo fenológico, lisímetros de drenagem, produtividade.

## **Growth and yield of sweet pepper crop under water depths and doses of potassium at Recife Region**

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the growth and yield of sweet pepper under the influence of water depths and potassium doses. The experimental design was completely randomized in 5 x 2 factorial, and four replications and five water depths (80, 90, 100, 110 and 120% of ETc) and two levels of potassium (80 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O), applied split according to phenological phase, through a system of drip irrigation emitters with self-compensated, installed in a battery of 40 drainage lysimeters cultivated with sweet pepper (Maximos F1), located in campus of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE),

Recife, PE. The phenological cycle lasted 142 days, and during this period was measurements of plant height and diameter, variable production over five harvests, and estimated leaf area index at the end of the cycle. The variables of growth and yield were influenced by water depths and potassium doses applied. When set itself the lowest dose, the estimate of more fruits per plant, fruit weight and yield occurred with the use of water depth of maximum efficiency of 96, 120 and 102% of ET<sub>c</sub>, respectively; when set itself the higher dose, the estimate of more fruits per plant, fruit weight and yield occurred with the use of water depth for maximum efficiency of 120, 97 and 98% of ET<sub>c</sub>, respectively.

**Keywords:** *Capsicum annuum*, phenological cycle, drainage lysimeters, productivity.

## INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família das Solanáceas, é cultivado em todo território nacional, sendo uma das dez hortaliças de maior importância econômica no mercado hortifrutigranjeiro brasileiro, tanto em valor quanto em volume comercializado (Echer et al., 2002).

O pimentão está entre as culturas que apresentam uma grande utilização de híbridos por apresentarem elevado potencial de produção. Uma característica marcante nas cidades brasileiras de médio e grande porte é a existência de áreas denominadas “cinturões verdes”, localizadas em seu perímetro urbano ou periurbano, onde se cultivam frutas e hortaliças que abastecem o mercado consumidor.

O uso de água pelas plantas e, portanto, todos os processos fisiológicos estão diretamente relacionados ao seu status no sistema solo-água-planta-clima, sendo assim, o conhecimento das inter-relações entre esses fatores é fundamental para o planejamento e a operação de sistemas de irrigação para se obter máxima produção e boa qualidade do produto (Trani & Carrijo, 2004). Na Região Nordeste do Brasil, poucos são os trabalhos que investigaram lâminas de irrigação e nutrientes em áreas urbanas.

A utilização adequada dos recursos hídricos garante o aumento da produtividade, entretanto faz-se necessário o fornecimento de nutrientes para as culturas. Nos últimos anos, além da forma tradicional de aplicação de nutrientes, tem sido adotada a fertirrigação, pois permite a aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação (Eloi et al., 2004), e uma das vantagens mais significativas é a eficiência de absorção de nutrientes pela planta, por torná-los prontamente disponíveis na solução do solo, fáceis de serem absorvidos

(Marcussi, 2005), sendo que a uniformidade de distribuição dos nutrientes está diretamente relacionada com o coeficiente de uniformidade da água de irrigação (Trani & Carrijo, 2004).

A reposição de água e nutrientes é essencial para o desenvolvimento adequado da planta e obtenção de produtividade satisfatória, na quantidade ideal e no momento oportuno (Nanetti et al., 2000). O conhecimento de práticas agrícolas, como adubação e seu efeito na nutrição mineral e na produção do pimentão, é necessário para que os produtores utilizem, racional e economicamente, os fertilizantes.

Silva et al. (2001) destacam a importância do potássio no metabolismo do pimentão, que melhora as características físicas e químicas dos frutos, em razão da otimização no processo de transpiração e formação de carboidratos. Subhani et al. (1990) e Vanangamudi et al. (1990) referem-se sobre o efeito favorável dos nutrientes nitrogênio e potássio no comprimento e diâmetro dos frutos.

Medeiros et al. (2004) afirmam que o  $K_c$  é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais nas quais será utilizado; todavia, sua determinação sob condições de campo exige um grande esforço de pessoal técnico, equipamentos e custos, em virtude da quantidade de informações, controles e monitoramentos necessários ao balanço hídrico em uma área irrigada. Para obtenção de  $K_c$  ao longo do ciclo da cultura, normalmente se utilizam lisímetros.

A quantidade de fertilizantes a aplicar para qualquer cultura deve ser a mais próxima possível do que é extraído pela mesma, pois existe o perigo de salinização do solo devido ao acúmulo de sais na região do sistema radicular.

A aplicação de fertilizantes junto à água de irrigação caracteriza a técnica denominada fertirrigação. O emprego dessa técnica tem possibilitado a otimização do uso de insumos em diferentes culturas irrigadas, tanto em aspectos relacionados à produtividade quanto à qualidade dos produtos obtidos, sendo mais notável sua adoção em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizada (Oliveira & Villas Bôas, 2008).

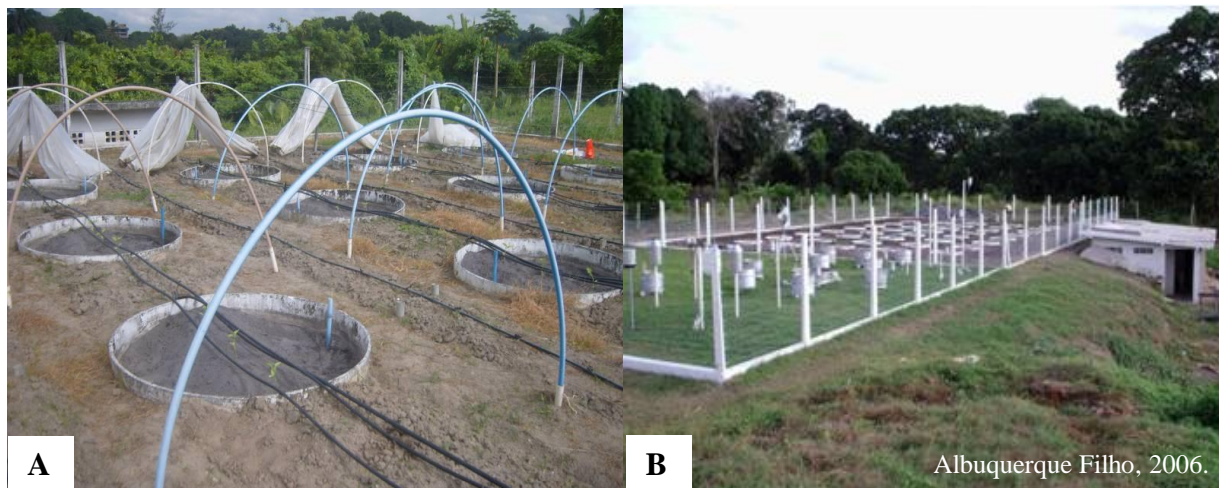
Segundo Papadopoulos (1999), em um sistema de fertirrigação por gotejamento, a absorção de N, P e K é substancialmente melhorada. A este respeito, por unidade de fertilizantes e de água aplicada, maior produtividade e melhor qualidade são obtidas. Além disso, fertirrigação reduz as flutuações de salinidade da solução do solo, devido aos fertilizantes, melhorando assim as condições da solução do solo para as culturas particularmente sensíveis ao sal.

O estudo da necessidade de nutrientes em hortaliças tem recebido muita atenção, pois é de fundamental importância suprir as plantas com fertilizantes que não conduzam a um aumento excessivo da condutividade elétrica do solo ou do substrato, promovendo o melhor equilíbrio possível entre os mesmos.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e rendimento do cultivo do pimentão sob influência de lâminas de irrigação e doses de potássio na Região Metropolitana do Recife, de forma a permitir uma solução mais eficiente no tocante ao manejo de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Lisimétrica do Departamento de Tecnologia Rural (DTR), situada no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude de 6,486 m (Figura 1).



**Figura 1.** Estação Lisimétrica do DTR/UFRPE. Lisímetros com sistema de irrigação instalado (A); vista geral da estação e sala de coleta (B)

O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é As, megatérmico tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C com precipitações de outono e inverno.

A estrutura experimental possui dimensão que totaliza 464,40 m<sup>2</sup> de área plantada, possuindo uma bateria de 40 lisímetros de drenagem, preenchidos com solo de textura



arenosa. Cada lisímetro constituía-se de caixa de Cimento Reforçado com Fio Sintético – CRFS (linha Brasiflex – Brasilit), troncônicas, com capacidade de 1.000 L, diâmetro externo na borda superior 1.380 mm e altura externa de 745 mm (Albuquerque Filho et al., 2009).

O sistema de drenagem dos lisímetro é constituído de um segmento de tubo de polietileno de 25 mm de diâmetro, disposto ao longo da circunferência, junto ao fundo da caixa. Esses tubos têm perfurações de 5 mm de diâmetro a cada 5 cm; uma camada de brita zero de aproximadamente 5 cm de espessura; uma camada de areia lavada de aproximadamente 3 cm de espessura; e uma tubulação que interliga o sistema de drenagem à unidade de coleta e medição do efluente. Conjugado a cada sistema de drenagem existe um piezômetro individual com escala milimétrica, para medir a variação de nível da água dentro dos respectivos lisímetros (Albuquerque Filho, 2006).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), aplicadas de forma parcelada de acordo com a fase fenológica da cultura.

A aplicação da fertirrigação nos lisímetros era feita por intermédio de sistema de irrigação por gotejamento, compreendendo três emissores autocompensantes, online, modelo Katif, tipo botão de fabricação Plastro. A vazão unitária do emissor especificada pelo fabricante é de 3,75 L h<sup>-1</sup>, sendo a medida 3,90 L h<sup>-1</sup>, com pressão de serviço de 0,80 a 3,00 bar (Figura 2).

A captação da água utilizada na irrigação da área experimental era procedente da rede de distribuição da UFRPE, que abastecia duas caixas de 500 litros utilizadas na preparação das soluções nutritivas, conforme os tratamentos. Estas soluções nutritivas eram aplicadas no sistema de irrigação por meio de bomba hidráulica de 0,5 CV, cuja vazão máxima era de 35 L min<sup>-1</sup>, altura manométrica máxima de 35 m e altura máxima de sucção de 9 m, produzindo uma intensidade de aplicação de lâmina de 7,52 mm h<sup>-1</sup> em cada lisímetro.



**Figura 2.** Detalhe da estrutura experimental. Instalações hidráulicas para aplicação das lâminas de irrigação em cada nível de dose de potássio

Foi determinada a uniformidade de aplicação das doses de potássio e a uniformidade da distribuição da água, utilizando o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) propostos por Bernardo et al. (2008), onde foram realizadas duas coletas de volumes de água em recipientes plásticos e medidos com o auxílio de uma proveta de 100 mL, para medir a vazão nos emissores, aos 60 e 120 dias após a implantação da cultura. A condutividade elétrica (CE) foi medida utilizando-se um condutivímetro de bancada (DM 31 Digimed), e a concentração de  $K^+$  foi medida utilizando um medidor portátil de íons (Horiba – Spectrum Technologies).

Os resultados dos parâmetros de uniformidade CUC e CUD obtidos encontram-se apresentados na Tabela 1 para ambas as doses de potássio, cujo sistema é classificado como bom, de acordo com Merriam & Keller (1978).

**Tabela 1.** Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e de Uniformidade de Distribuição para as doses  $D_1$  ( $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ ) e  $D_2$  ( $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ )

Variável	CUC (%) aos 60 dias		CUD (%) aos 60 dias		CUC (%) aos 120 dias		CUD (%) aos 120 dias	
	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$	$D_1$	$D_2$
Água	97,39	97,39	95,64	95,64	94,75	94,75	92,19	92,19
CE	89,53	89,24	82,46	82,69	85,74	87,33	80,18	81,65
$K^+$	87,09	84,45	79,32	73,20	85,65	85,65	83,03	81,92

CE,  $K^+$ : Condutividade Elétrica e Concentração de potássio

Os lisímetros eram cultivados com pimentão (híbrido Maximos F1 - EliSem, Clause Vegetable Seeds), cuja parcela experimental era composta por três plantas em cada lisímetro, com espaçamento de 0,40 m entre plantas na linha e 1,30 m entre linhas. As mudas de

pimentão foram adquiridas em produtor registrado no Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASSEM) (Figura 3).



**Figura 3.** Mudas de pimentão no ponto de transplante (A); mudas transplantadas para os lisímetros (B)

A fim de minimizar o efeito de advecção sobre as plantas nos lisímetros, mudas de pimentão do mesmo híbrido foram plantadas na área entre os lisímetros, utilizando o mesmo espaçamento. Aos 80 dias após o transplante foi feito o tutoramento em espaldeira simples. Após o transplante, eram realizados os tratos culturais de acordo com a necessidade das plantas, sendo as desbrotas executadas logo após o surgimento dos ramos laterais localizados abaixo da bifurcação das hastes principais, e a retirada dos primeiros botões florais e frutos no início do desenvolvimento, relativos ao primeiro internódio, onde a primeira floração ocorreu aos 15 dias após o transplante (DAT) (Figura 4).



**Figura 4.** Eliminação dos botões florais e frutos no início do desenvolvimento no pimentão

A irrigação foi realizada diariamente nos lisímetros, e as lâminas de irrigação foram estimadas com base na  $ET_c$ , Equação 1:

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_{l_{méd.}} \quad (1)$$

em que:

$ET_c$  - evapotranspiração da cultura,  $mm \text{ dia}^{-1}$ ;

$ET_o$  - evapotranspiração de referência de Penman-Monteith,  $mm \text{ dia}^{-1}$ ;

$K_c$  - coeficiente de cultivo, adimensional; e

$K_{l_{méd.}}$  - coeficiente de localização médio, adimensional.

Para determinação do  $K_{l_{méd.}}$ , utilizou-se a média de quatro valores de coeficiente de localização ( $K_l$ ), segundo diversos autores, citados por Pizarro (1996), que dependem do valor da fração de área sombreada pelo cultivo ( $S$ ). Os valores de  $K_l$  variaram em função da área sombreada pelo cultivo, de acordo com o desenvolvimento das plantas, conforme Equações 2, 3, 4 e 5:

$$K_l = 1,34 \times S \text{ (ALJIBURY et al., 1974)} \quad (2)$$

$$K_l = 0,1 + S \text{ (DECROIX, 1978)} \quad (3)$$

$$K_l = S + 0,5 \times (1 - S) \text{ (HOARE et al., 1974)} \quad (4)$$

$$K_l = S + 0,15 \times (1 - S) \text{ (KELLER, 1978)} \quad (5)$$



em que:

Kl - coeficiente de localização, adimensional; e

S - fração de área sombreada pelo cultivo, adimensional.

Para determinação do valor de S, utilizou-se a Equação 6 a seguir, conforme Pizarro (1996):

$$S = \frac{\frac{\pi \times d^2}{4}}{E_L \times E_P} \quad (6)$$

em que:

$\pi$  - constante matemática (3,14159265...);

d - diâmetro da projeção da copa da cultura, m;

$E_L$  - espaçamento entre linhas, m; e

$E_P$  - espaçamento entre plantas, m.

O diâmetro da projeção da copa da cultura (d) era medido com o auxílio de uma trena ao longo de cada fase fenológica. A ETo e a precipitação foram obtidas na estação meteorológica automatizada, provida de sensores e acessórios necessários para determinação da ETo de Penman-Monteith (Campbell Scientific modelo CR1000/CFM100/OS100), utilizadas na estimativa das lâminas de irrigação, conforme os tratamentos utilizados (Figura 5).



**Figura 5.** Estação meteorológica da UFRPE (Campbell Scientific)

Os valores de Kc utilizados diariamente de acordo com a fase fenológica da cultura foram: 0,40 (da emergência até 10% do desenvolvimento – 30 dias); 0,70 (10% do desenvolvimento até 75% do desenvolvimento – 40 dias); 1,05 (floração até o início da maturação – 60 dias), e 0,85 (da maturação até a última colheita – 20 dias), de acordo com Doorenbos & Pruitt (1977).

Os adubos utilizados na fertirrigação foram fosfato monoamônico purificado (MAP –  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) (11% de N e 60% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), nitrato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) (15,5% de N e 20% de cálcio), sulfato de magnésio ( $\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) (9,5% de Mg e 12% de S) e cloreto de potássio (KCl) (60%  $\text{K}_2\text{O}$ ), fazendo-se o balanceamento necessário de nutrientes.

As doses diárias de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio aplicadas via fertirrigação, seguiram recomendações de Trani & Carrijo (2004), conforme Tabela 2, ressalvando que as dosagens de potássio foram ajustadas para compor os tratamentos estudados.

**Tabela 2.** Recomendação de nutrientes para o pimentão, conforme a fase de desenvolvimento da cultura

Dias Após Transplante (DAT)	Fases (dias)	Quantidade dos nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	Mg	K <sub>2</sub> O (D <sub>1</sub> )	K <sub>2</sub> O (D <sub>2</sub> )
5	5	0,05	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02
20	15	0,35	0,06	0,23	0,14	0,12	0,18
40	20	1,16	0,24	0,69	0,50	0,35	0,52
60	20	1,32	0,22	0,67	0,70	0,40	0,61
80	20	2,63	0,77	1,93	1,05	0,74	1,12
110	30	2,73	0,60	0,80	0,75	0,86	1,28
150	40	3,75	1,10	1,00	0,72	0,75	1,13
160	10	2,00	0,90	1,20	0,90	0,56	0,84

Além dos macronutrientes, foram feitas duas aplicações de Quelatec AZ, uma mistura sólida de micronutrientes essenciais quelatizados com EDTA, na dosagem de 2,50 kg ha<sup>-1</sup> recomendada para pimentão, aos 70 e aos 90 DAT. Durante o ciclo foram feitas adubações foliares, aplicando o produto CaB 10 com a finalidade de fornecer Ca e B, importantes na fase de frutificação. Além de adubações foliares, foram aplicados Confidor 700 WG e Vertimec 18 EC, para controle de pulgões e ácaros, respectivamente.

As medidas de altura de todas as plantas de cada lisímetro foram feitas a cada 7 dias desde o transplante até o último dia de tratamento, com auxílio de uma régua graduada em centímetros (0,1 cm), medida do colo da planta até a gema apical; o diâmetro do colo teve suas avaliações realizadas a cada 15 dias, com auxílio de um paquímetro plástico (0,05 mm), medido no ponto de interseção do caule com a raiz.

Na estimativa da área foliar, ao final do ciclo (142 dias), foram obtidos comprimento e largura de três folhas, tomadas aleatoriamente, por planta, sendo a primeira folha tomada na parte superior, a segunda na parte mediana e a terceira na parte inferior da copa da planta, obtendo assim comprimento e largura médios.

Para estimativa da área da folha, foi utilizada a seguinte equação de regressão, obtida por Rezende et al. (2002) (Equação 7), em estudos para avaliar o efeito do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> e do volume de água aplicado na altura, diâmetro do caule e área foliar de plantas de pimentão, híbrido Zarco.

$$\hat{Y} = 0,5979X \quad (7)$$

em que:

Y - área da folha, cm<sup>2</sup>; e

X - área correspondente ao produto do comprimento (C) pela largura (L) da folha, cm<sup>2</sup>.

A área foliar foi obtida multiplicando-se a área da folha pelo número total de folhas, por planta. O Índice de Área Foliar (IAF) foi estimado dividindo-se a área foliar estimada pela área de solo ocupada pelas plantas ( $E_L \times E_P$ ), conforme Benincasa (2003).

As variáveis de produção avaliadas nos frutos, ao longo de cinco colheitas, foram comprimento de frutos (CF), diâmetro de frutos (DF), espessura de casca (EC) (medidos com o auxílio de um paquímetro (0,05 mm)), número de frutos por planta (NFP), peso médio de frutos (PMF) (utilizando uma balança de precisão (0,01 g)), e a produtividade (P).

Os dados foram analisados no sistema computacional SISVAR Versão 5.3 (Sistema para Análises Estatísticas) (Ferreira, 2008) e interpretados por meio das significâncias das análises de variância (ANOVA) e regressão, considerando-se o nível de probabilidade de 5% pelo teste F.

Para estabelecer o modelo que representasse o fenômeno em estudo utilizou-se o teste “t” de Student para testar os coeficientes de regressão, adotando o nível de probabilidade de 10%, e os coeficientes de determinação  $R^2$ .

A apresentação das equações de regressão e suas interpretações foram de acordo com recomendação de Alvarez & Alvarez (2003). A lâmina de irrigação ótima foi estimada a partir dos modelos quadráticos de regressão, onde pela derivada primeira obteve-se o ponto de máxima produtividade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na Tabela 3, efeito significativo em níveis de significância variando de 5 a 0,1% de probabilidade da interação lâmina (L) x dose (D) e dos fatores isolados L e D para altura de plantas (AP) ao longo dos dias de experimento.

Ainda nesta tabela verifica-se efeito significativo da interação L x D com níveis de significância variando de 1 a 0,1% de probabilidade da variável AP ao longo dos dias de avaliação, exceto aos 7, 21, 28 e 35 DAT.

Quanto ao efeito isolado dos fatores L e D, observa-se que houve influência em níveis de significância variando de 5 a 0,1%, exceto aos 7, 14 e 21 DAT. Na mesma tabela, observam-se coeficientes de variação menores que 10%, indicando boa precisão dos dados observados no experimento. Observa-se ainda que a diferenciação dos tratamentos para a altura de plantas foi mais significativa a partir dos 42 DAT.



**Tabela 3.** Resumo da ANOVA para altura de plantas (AP) medida ao longo do ciclo, a cada 7 dias, sob efeito dos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
		7	14	21	28	35	42	49	56
L (%ETc)	4	0,77 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>	2,72 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>	1,86 <sup>NS</sup>	13,97 <sup>NS</sup>	31,23 <sup>**</sup>	46,25 <sup>**</sup>
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	0,50 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	1,95 <sup>NS</sup>	13,78*	22,48 <sup>**</sup>	91,88 <sup>***</sup>	96,79 <sup>***</sup>	179,12 <sup>***</sup>
L x D	4	0,84 <sup>NS</sup>	2,15*	4,00 <sup>NS</sup>	5,49 <sup>NS</sup>	1,15 <sup>NS</sup>	44,25 <sup>***</sup>	43,25 <sup>***</sup>	101,86 <sup>***</sup>
Resíduo	30	0,46	0,54	1,50	2,40	2,22	5,64	6,65	8,71
CV%		5,98	6,23	9,06	9,18	6,63	8,48	7,70	8,58

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
		63	70	77	84	91	98	105	112
L (%ETc)	4	60,06 <sup>***</sup>	45,18 <sup>***</sup>	22,62 <sup>***</sup>	15,07 <sup>**</sup>	28,11 <sup>**</sup>	35,14 <sup>***</sup>	99,09 <sup>***</sup>	86,35*
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	99,96 <sup>***</sup>	21,09 <sup>NS</sup>	1,77 <sup>NS</sup>	24,75*	169,49 <sup>***</sup>	412,59 <sup>***</sup>	173,63 <sup>**</sup>	157,45*
L x D	4	76,47 <sup>***</sup>	60,68 <sup>***</sup>	35,97 <sup>***</sup>	66,61 <sup>***</sup>	63,72 <sup>***</sup>	85,11 <sup>***</sup>	142,10 <sup>***</sup>	168,86 <sup>***</sup>
Resíduo	30	6,86	6,46	3,49	3,58	4,56	1,90	14,59	24,84
CV%		7,25	7,13	5,22	5,00	5,31	3,17	8,05	9,81

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%

\* \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F

L, D, GL, CV: Lâmina, Dose, Grau de Liberdade e Coeficiente de Variação

Na Tabela 4 verifica-se efeito significativo em níveis de significância variando de 5 a 0,1% de probabilidade da interação L x D e dos fatores isolados L e D para diâmetro do colo (DC) aos longo do experimento.

Ainda verifica-se o efeito significativo da interação L x D com níveis de significância de 5 e 0,1% de probabilidade do DC durante praticamente todo o ciclo fenológico; quanto ao efeito isolado dos fatores L e D, houve influência significativa com níveis de probabilidade variando de 5 a 0,1% apenas aos 35, 91 e 105 DAT. Nesta tabela observam-se coeficientes de variação menores que 13%, indicando boa precisão dos dados observados no experimento, e que a diferenciação dos tratamentos para o diâmetro do colo foi mais significativa a partir dos 35 DAT. Dessa forma, foi realizado o desdobramento da interação L x D para as variáveis AP e DC.

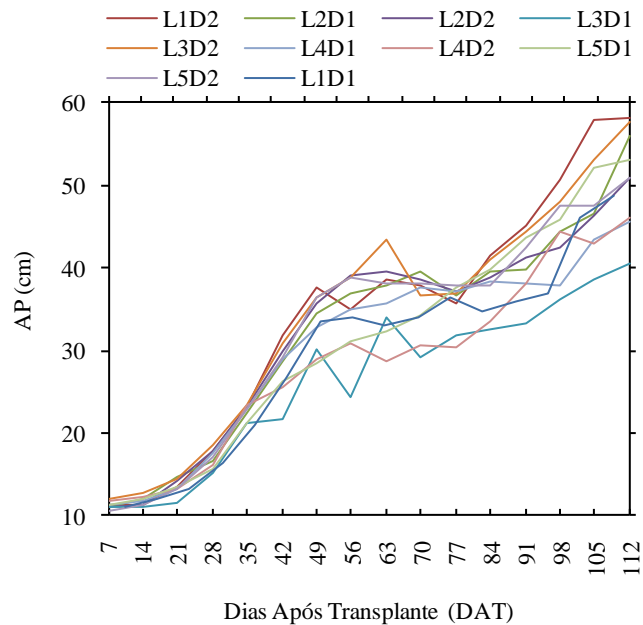
**Tabela 4.** Resumo da ANOVA para diâmetro do colo (DC) medido ao longo do ciclo, a cada 15 dias, sob efeito dos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios								
		7	21	35	49	63	77	91	105	112
L (%ETc)	4	0,01 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	1,35 <sup>**</sup>	0,69 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>	1,47 <sup>NS</sup>	7,08 <sup>**</sup>	3,15 <sup>NS</sup>
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	0,02 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	8,36 <sup>***</sup>	0,04 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	3,19*	4,67 <sup>NS</sup>	4,39 <sup>NS</sup>
L x D	4	0,01 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>**</sup>	2,75 <sup>***</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	1,66*	2,63 <sup>***</sup>	2,37*	3,81*	5,62*
Resíduo	30	0,01	0,11	0,25	0,70	0,55	0,38	0,64	1,22	1,61
CV%		3,51	12,02	7,69	9,50	8,18	6,55	7,93	8,98	9,91

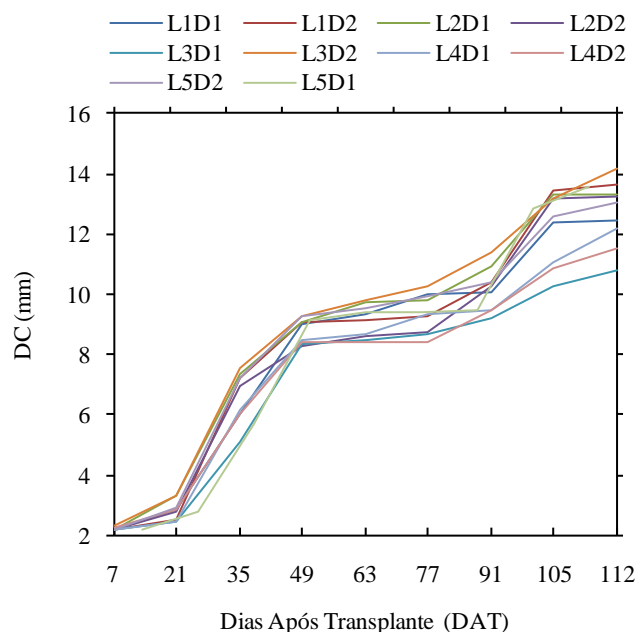
<sup>NS</sup> Não significativo até 5%; \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F

L, D, GL, CV: Lâmina, Dose, Grau de Liberdade e Coeficiente de Variação

Nas Figuras 6 e 7 é possível constatar o comportamento das variáveis AP e DC sob efeitos dos tratamentos ao longo dos dias de experimento. Observa-se comportamento crescente para ambas as variáveis, com pequenas variações no tempo. Para a variável AP observa-se alternâncias de crescimento e decrescimento causadas pelo peso dos frutos nas plantas na época de frutificação entre 42 e 77 DAT, aproximadamente.



**Figura 6.** Altura de plantas (AP) a cada 7 dias, ao longo do ciclo fenológico do cultivo do pimentão, sob efeito dos tratamentos



**Figura 7.** Diâmetro do colo (DC) a cada 15 dias, ao longo do ciclo fenológico do cultivo do pimentão, sob efeito dos tratamentos

Nas Tabelas 5 e 6 estão apresentadas, para as variáveis AP e DC medidas ao longo dos dias de experimentação, as equações de regressão ajustadas aos dados médios e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), considerando haver independência entre as épocas de observação.

**Tabela 5.** Equações de regressão ajustadas aos dados médios de AP ao longo dos dias de experimento em função das lâminas de irrigação estimadas nos níveis das doses de potássio de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{D}_1$ ) e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{D}_2$ ), com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

DAT	Equações de Regressão Ajustadas	$R^2$
14	$AP_{D_2} = -17,10 + 0,58^{**}(\%ETc)$	0,6625
49	$AP_{D_1} = 43,83 - 0,12^{**}(\%ETc)$	0,5602
63	$AP_{D_1} = -41,48 + 1,59^{*}(\%ETc) - 0,0081^{*}(\%ETc)^2$	0,5124
91	$AP_{D_1} = 124,71 - 1,91^{**}(\%ETc) + 0,0102^{**}(\%ETc)^2$	0,5531
105	$AP_{D_1} = 245,58 - 4,18^{***}(\%ETc) + 0,021^{***}(\%ETc)^2$	0,7156

<sup>o</sup>, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10%; 5%; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste t

AP: Altura de Plantas

DAT: Dias Após Transplante

**Tabela 6.** Equações de regressão ajustadas aos dados médios de DC ao longo dos dias de experimento em função das lâminas de irrigação estimadas nos níveis das doses de potássio de 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (D<sub>1</sub>) e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (D<sub>2</sub>) com os respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>)

DAT	Equações de Regressão Ajustadas	R <sup>2</sup>
21	$DC_{D_2} = - 8,06 + 0,21*(\%ETc) - 0,0010*(\%ETc)^2$	0,6593
77	$DC_{D_1} = 27,57 - 0,35*(\%ETc) + 0,0017*(\%ETc)^2$	0,6041

°, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10%; 5%; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste t

DC: Diâmetro do Colo

DAT: Dias Após Transplante

Para os demais dias de observação após o transplante, os dados observados das variáveis AP e DC não apresentaram qualidade adequada no ajuste a modelos linear ou quadrático e nem significância aceitável pelo teste “t”.

Estes resultados foram diferentes dos encontrados por Macêdo & Alvarenga (2005), que não encontraram influência significativa da fertilização com potássio nem efeito interativo entre lâminas de água e doses de potássio sobre o crescimento das plantas até 90 dias de idade, ao estudar os efeitos da aplicação de lâminas de água e doses de potássio, via fertirrigação por gotejamento, sobre o crescimento, a produção e a qualidade dos frutos do tomateiro. Entretanto, observaram efeito linear significativo de lâminas de água sobre o crescimento de plantas de tomate aos 30 dias de idade, e sobre o comprimento de plantas aos 60 e 90 dias.

Na Tabela 7 é possível verificar efeito significativo em níveis de probabilidade variando de 5 a 0,1% da interação L x D e dos fatores isolados L e D nas variáveis de produção do pimentão, exceto para diâmetro de fruto (DF) e espessura de casca (EC).

Por esta tabela é possível verificar também efeito significativo da interação L x D com níveis de significância 0,1% de probabilidade para todas as variáveis, exceto comprimento do fruto (CF), DF e EC; verifica-se ainda influência significativa do efeito isolado dos fatores L e D em níveis de significância variando de 5 a 0,1% de probabilidade para todas as variáveis, exceto DF e EC.

**Tabela 7.** Resumo da ANOVA para índice de área foliar (IAF), comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), espessura de casca (EC), número de frutos por planta (NFP), peso médio de frutos (PMF) e produtividade (P)

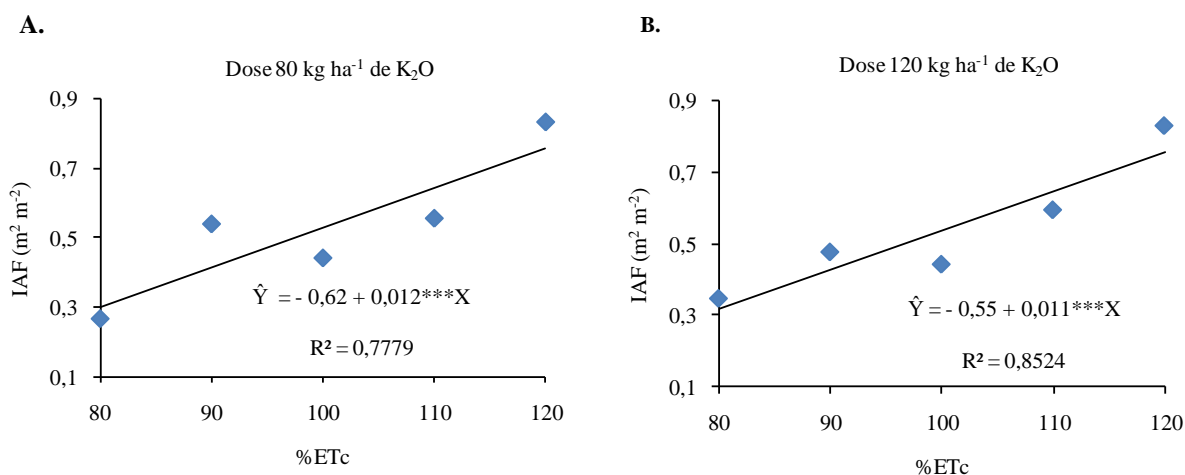
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		IAF	CF	DF	EC	NFP	PMF	P
L (%ETc)	4	0,30***	0,24 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>NS</sup>	0,001 <sup>NS</sup>	3,93*	337,98***	103,12***
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	0,0007 <sup>NS</sup>	4,50**	0,0003 <sup>NS</sup>	0,00006 <sup>NS</sup>	1,11 <sup>NS</sup>	10,27 <sup>NS</sup>	13,37**
L x D	4	0,01***	0,19 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,003 <sup>NS</sup>	13,58***	854,04***	25,85***
Resíduo	30	0,0005	0,36	0,10	0,002	1,46	27,84	1,56
CV%		4,12	6,71	5,99	11,40	18,55	7,21	6,73

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%

\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F

L, D, GL, CV: Lâmina, Dose, Grau de Liberdade e Coeficiente de Variação

Nas Figuras 8A e B estão apresentados os modelos lineares que se ajustaram aos dados médios do índice de área foliar em função das lâminas de irrigação crescentes e doses de potássio. O máximo IAF foi obtido na lâmina L<sub>5</sub>, fixando-se ambas as doses de potássio.



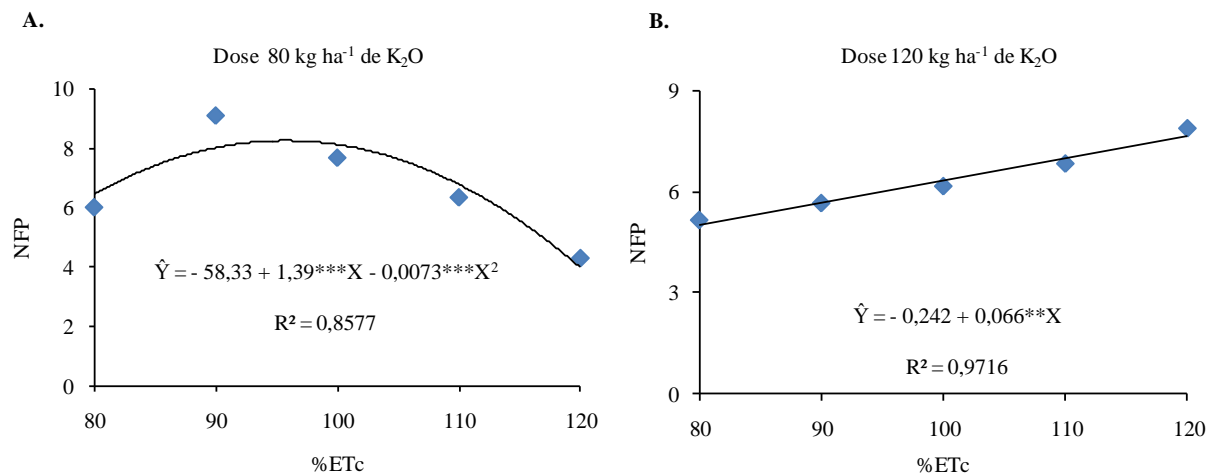
**Figura 8.** Dados médios observados e estimados pelo modelo linear na variável Índice de Área Foliar (IAF) em função de lâminas de irrigação estimada nos níveis da dose de potássio D<sub>1</sub> (80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (A) e dose de potássio D<sub>2</sub> (120 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (B)

A média geral do IAF observada foi igual a 0,53 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>. Houve incrementos de 154,50% ao se comparar os respectivos dados estimados pelo modelo do IAF com os obtidos na lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (0,30 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e na lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (0,76 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>), para a dose D<sub>1</sub> de potássio; no segundo caso, o incremento foi de 136,76% quando se compara com os dados estimados na lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (0,32 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e na lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (0,76 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>).

Estes resultados encontrados permitem inferir que plantas em condições de déficit de água apresentam área foliar reduzida, tornando-se a primeira linha de defesa em condições de

restrição de água, e conseqüentemente apresentarão IAF também reduzido, condição apresentada pelas plantas submetidas à lâmina de irrigação  $L_1$ .

Pela Figura 9A e B, é possível observar a variação dos dados médios observados do número de frutos por planta (NFP), além dos dados estimados obtidos com as respectivas equações de regressão em função da variação de lâminas de irrigação crescentes estimadas com base na evapotranspiração da cultura (%ETc), nos níveis das doses de potássio.



**Figura 9.** Dados médios observados e estimados pelo modelo no número de frutos por planta (NFP) em função de lâminas de irrigação estimados nos níveis da dose de potássio  $D_1$  (80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (A) e dose de potássio  $D_2$  (120 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (B)

A média geral do número de frutos por planta (NFP) foi de 6,51. Na Figura 9A tem-se o modelo quadrático que se ajustou aos dados para o número de frutos por planta em função das lâminas de irrigação crescentes, quando se fixou a dose de potássio 80 kg ha<sup>-1</sup> ( $D_1$ ).

Pela derivada primeira da equação de regressão, estimou-se a lâmina de 95,76% da ETc como aquela responsável pelo máximo número de frutos por planta (8,26 frutos planta<sup>-1</sup>); houve incrementos de 27,96 e 106,99% quando se comparam o respectivo valor máximo estimado com os obtidos na lâmina de irrigação  $L_1$  de 6,45 frutos planta<sup>-1</sup>, e na lâmina de irrigação  $L_5$  de 3,99 frutos planta<sup>-1</sup>.

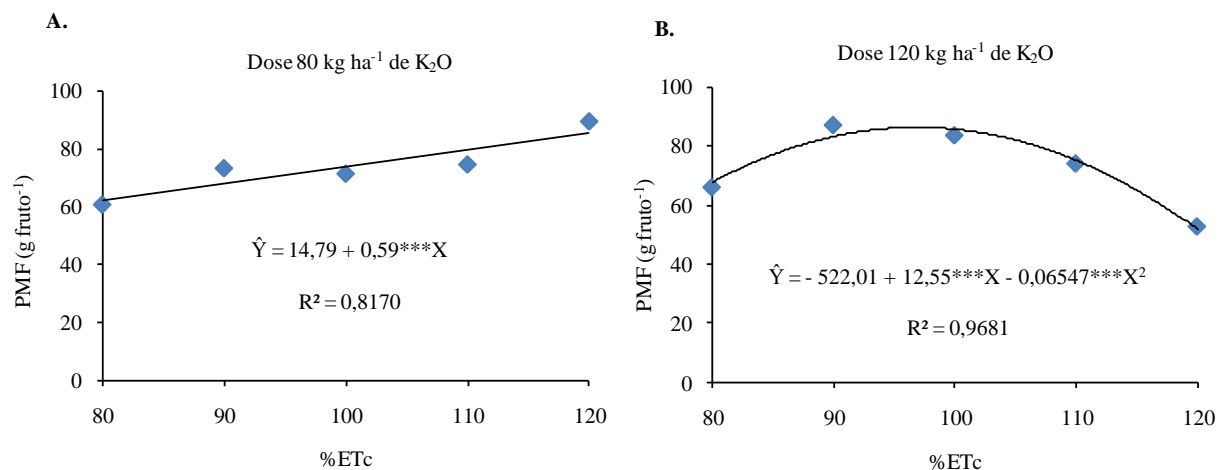
Este resultado corroborou com os resultados encontrados por Melo et al. (2009), que observaram ajuste quadrático para o número de frutos por planta em função das doses crescentes de potássio, em estudos para avaliar o suprimento de potássio via fertirrigação na produção e qualidade de frutos de pimentão híbrido amarelo cv. Zarco.

No segundo caso, que apresentou ajuste linear (Figura 9B), fixando-se a dose de potássio 120 kg ha<sup>-1</sup> ( $D_2$ ), observou-se incremento de 52,37% quando se compara com os dados

obtidos na lâmina de irrigação  $L_1$  da %ETc de 5,03 frutos por planta, e na lâmina de irrigação  $L_5$  de 7,66 frutos por planta. Hassan & Ramlan (1994) referem-se a um maior número de frutos devido à adubação potássica.

Pela Figura 9A, é possível observar que houve um decréscimo no NFP a partir do ponto máximo, que corresponde à lâmina ótima estimada, e este evento pode ser atribuído à lixiviação dos nutrientes, dentre eles o potássio, com o aumento das lâminas de irrigação; no segundo caso, Figura 9B, observa-se um aumento do NFP com os níveis crescentes das lâminas de irrigação, que possivelmente foi devido a uma maior reserva de potássio disponível no solo suficiente para a utilização das plantas, mesmo com a aplicação de lâminas de irrigação maiores e consequente lixiviação dos íons.

Na Figura 10A e B, é possível observar a variação dos dados médios observados do peso médio de frutos (PMF) e os dados estimados obtidos com as equações de regressão em função da variação de lâminas de irrigação crescentes com base na evapotranspiração da cultura (%ETc), e das doses de potássio.



**Figura 10.** Dados médios observados e estimados pelo modelo no peso médio de frutos (PMF) em função de lâminas de irrigação estimados nos níveis da dose de potássio  $D_1$  (80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (A) e dose de potássio  $D_2$  (120 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (B)

A média geral do peso médio de frutos foi igual a 73,21 g fruto<sup>-1</sup>, apresentando ajuste linear para a dose  $D_1$  de potássio, e quadrático para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> ( $D_2$ ) de potássio, conforme Figuras 10A e 10B.

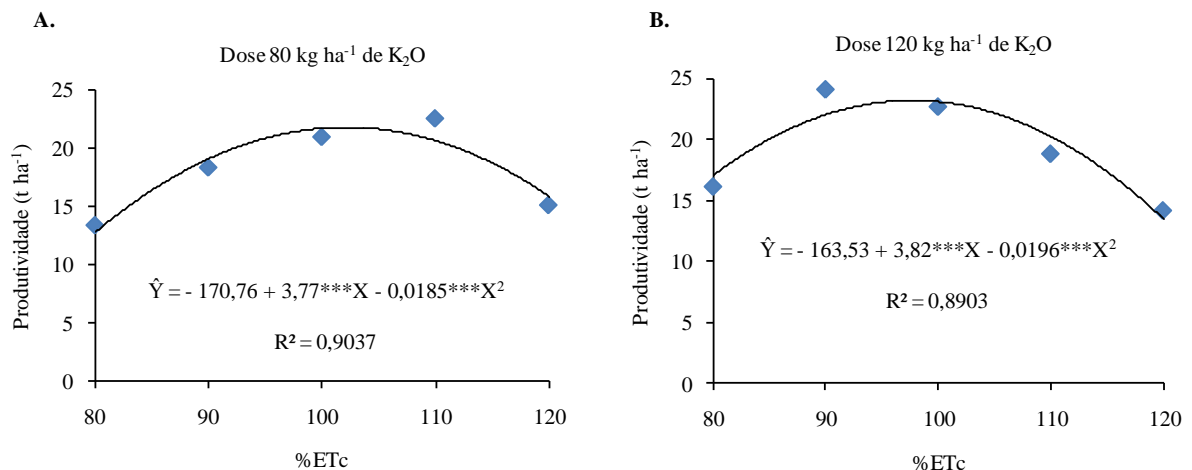
No primeiro caso (Figura 10A), ocorreu incremento de 38,06% ao se comparar com os dados estimados com a lâmina de irrigação  $L_1$  da %ETc de 61,93 g fruto<sup>-1</sup> e a lâmina de irrigação  $L_5$  de 85,50 g fruto<sup>-1</sup>.

No segundo caso (Figura 10B), fixando-se a dose  $D_2$ , pela derivada primeira da equação de regressão do peso médio de frutos, estimou-se a lâmina de 96,95% da  $ET_c$  como aquela responsável pelo máximo peso médio de frutos; houve incrementos de 27,47 e 66,32% quando se comparam os respectivos valor máximo estimado com os obtidos com a lâmina de irrigação  $L_1$  de  $67,67 \text{ g fruto}^{-1}$ , e a lâmina de irrigação  $L_5$  de  $51,86 \text{ g fruto}^{-1}$ .

Da mesma forma, Araújo et al. (2009a) encontraram ajustes lineares significativos para diâmetro, peso médio e número total de frutos em função das doses crescentes de nitrogênio, ao avaliar aspectos relacionados às características de frutos de pimentão (var. All Big) cultivado sob diferentes doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, em ambiente protegido.

Analisando as Figuras 9 e 10, percebe-se a ocorrência de fenômenos inversos, em que nos pontos onde o NFP foi maior, o PMF foi menor, e vice-versa, evidenciando que alta produção de frutos resulta em frutos menores e com menor massa, pois o tamanho que eles atingem depende do total de assimilados produzidos pela área fotossintetizante e da competição por esses assimilados.

Para a variável P, os respectivos modelos de regressão, conforme as Figuras 11A e B, indicaram relação quadrática para ambas as doses de potássio, nos níveis crescentes de lâminas de irrigação estudadas.



**Figura 11.** Dados médios observados e estimados pelo modelo na variável produtividade (P) em função de lâminas de irrigação estimada nos níveis da dose de potássio  $D_1$  ( $80 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$ ) (A) e dose  $D_2$  ( $120 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$ ) (B)

A média geral de produtividade foi de  $18,58 \text{ t ha}^{-1}$ . Pela derivada primeira das equações de regressão estimou-se as lâminas de irrigação ótimas de 102,08% da  $ET_c$  para a dose  $D_1$  de



potássio, e 97,68% da ETc para a dose D<sub>2</sub> de potássio, essas lâminas de irrigação proporcionaram máximas produtividades de 21,78 e 23,19 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Houve incrementos de 70,50 e 37,47% quando se comparam os respectivos dados estimados de produtividade (P) (máximo) com aqueles obtidos com a lâmina de irrigação L<sub>1</sub> de 12,77 t ha<sup>-1</sup> e a lâmina de irrigação L<sub>5</sub> de 15,84 t ha<sup>-1</sup>, fixando-se a dose D<sub>1</sub> de potássio.

Para a dose D<sub>2</sub>, observaram-se incrementos de 35,82 e 72,61% quando se comparam os respectivos valores estimados de P (máximo) com aqueles obtidos com a lâmina de irrigação L<sub>1</sub> de 17,07 t ha<sup>-1</sup> e a lâmina de irrigação L<sub>5</sub> de 13,43 t ha<sup>-1</sup>.

No segundo caso, a queda de produtividade ocorrida com a lâmina de irrigação L<sub>5</sub> deve ser explicado pelo estresse salino provocado pela maior lâmina de irrigação e dose de potássio, proporcionando aumento da condutividade elétrica do meio, além da lixiviação de nutrientes, causando a queda no rendimento das plantas.

Os resultados encontrados foram diferentes dos encontrados por Araújo et al. (2009b), que observaram ajuste linear significativo para o rendimento total, com valor máximo próximo de 45 t ha<sup>-1</sup>, em função das doses crescentes de nitrogênio ao avaliar a produção de frutos de pimentão (var. All Big) obtidos de plantas fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio cultivadas em ambiente protegido.

Blanco & Folegatti (2008), avaliando a produção e a qualidade de frutos de tomate, sob diferentes doses de N e K aplicados via fertirrigação por gotejamento, não verificaram efeitos dos tratamentos sobre a produtividade, tamanho e peso médio dos frutos, constatando que a produtividade total não apresentou grandes variações entre os tratamentos empregados, com média de 266 g por planta, sendo que de cada planta foram colhidos em torno de 14 a 16 frutos e cada fruto teve peso médio de 18,2 g.

De maneira semelhante, Silva (2002), estudando o manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão (híbrido “Elisa”), em um latossolo vermelho-amarelo, também encontrou ajustes quadráticos para a produtividade em todas as épocas analisadas, concluindo que o rendimento foi influenciado significativamente pela interação entre salinidade e manejo, cuja média foi de 37 t ha<sup>-1</sup>. Com relação ao peso médio de frutos, o valor encontrado foi de 252,73 g fruto<sup>-1</sup> para o manejo de fertirrigação tradicional, e 235,95 g fruto<sup>-1</sup> para o manejo controlado.

## CONCLUSÕES

1. As variáveis de crescimento e de rendimento de frutos do pimentão foram influenciadas pelas doses de potássio e pelas lâminas de irrigação aplicadas, além da interação do efeito da água com fertilizantes nas respostas das variáveis.

2. As lâminas de irrigação e as doses de potássio aplicadas caracterizaram a fenologia da cultura do pimentão nas condições experimentais, representada pela altura de plantas e o diâmetro do colo medidos ao longo dos dias de observação, cujos dados alternaram em ajustes lineares e quadráticos.

3. O maior índice de área foliar ocorreu quando foi aplicada a lâmina de irrigação de 120% da evapotranspiração da cultura, estimado em ambas as doses de potássio aplicadas.

4. As variáveis diâmetro de frutos e espessura de casca, nestas condições experimentais, não apresentaram diferença estatística significativa.

5. Quando se fixou a menor dose, a estimativa do maior número de frutos por planta, peso médio de frutos e produtividade ocorreram com o emprego das lâminas de irrigação de máxima eficiência de 96, 120 e 102% da evapotranspiração da cultura, respectivamente.

6. Quando se fixou a maior dose, a estimativa do maior número de frutos por planta, peso médio de frutos e produtividade ocorreram com o emprego da lâmina de irrigação de máxima eficiência de 120, 97 e 98% da evapotranspiração da cultura, respectivamente.

**LITERATURA CITADA**

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. Eficiência do uso da água no cultivo do coentro e da salsa na presença de um polímero hidroabsorvente. 2006. 124 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.13, n.6, p.671–679, 2009.

ALJIBURY, F. K.; MARSH, A. W.; HUNTAMER, J. Water use with drip irrigation. In: 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings: California, USA, 1974. p.341-345.

ALVAREZ V., V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n.3, p.28-32, 2003.

ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P.; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 2, p.152-157, 2009a.

ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P.; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. Cultivo do pimentão em condições protegidas sob diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação. Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 5, p.559-565, 2009b.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8ª Ed. Viçosa – MG: Ed. UVF, 2008. 625p.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.12, n.2, p.122–127, 2008.

DECROIX, M. Conception et calcul d'un projet de micro-irrigation a la parcell. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes, Institut de Bari, 1978.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

ECHER, M. M.; FERNANDES, M. C. A.; RIBEIRO, R. L. D.; PERACCHI, A. L. Avaliação de genótipos de *Capsicum* para resistência a ácaro branco. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 217-221, 2002.

ELOI, W. M.; SOUZA, V. F.; VIANA, T. V. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; HOLANDA, R. S. F.; ALCANTARA, R. M. C. M. Distribuição espacial do sistema radicular da gravioleira em função de doses de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação. *Irriga, Botucatu*, v.9, n.3, p.256-69, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Symposium*, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

HASSAN, S. A.; RAMLAN, Z. A. Influence of potassium fertilizer and mulching on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulture*, Leuven, v.369, p.311-318, 1994.

HOARE, E. R.; GARZOLI, K. V.; BLACKWELL, J. Plant water requirements as related to trickle irrigation. In: 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings: p.323-328. California, USA, 1974.

KELLER, J. Trickle irrigation. En *Soil Conservation Service National Engineering Handbook*. Colorado, 1978, 129p.

MACÊDO, L. DE S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 29, n. 2, p. 296-304, 2005.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.642-650, 2005.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.26, n.4, p.513-519, 2004.

MELO, A. S. DE; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. DE M.; SILVA JÚNIOR, C. D. DA; FERNANDES, P. D.; BONFIM, L. V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. *Ciências Agrárias*. Recife, v.4, n.1, p.17-21, 2009.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan: Utah State University, 271, 1978.

NANETTI, D. C.; SOUZA, R. J.; FAQUIN, V. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.18, p.843-845, 2000.

OLIVEIRA, M. V. A. M. DE; 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.

PAPADOPOULOS, I. Fertigation: present situation and future prospects. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.). *Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças*. Guaíba: Agropecuária. 1999. p. 85-154.

PIZARRO, F. Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación. 3ª Edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 511p.

REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; PEREIRA, A. S.; BOTREL, T. A. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub>. II. Produção de matéria seca. *Acta Scientiarum*. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1527-1533, 2002.

SILVA, E. F. F. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo. Piracicaba, 2002. 136 f. Tese. (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SILVA, M. A. G.; BOARETTO, A. E.; FERNANDES, H. G.; BOARETTO, R. M.; MELO, A. M. T.; SCIVITTARO, W. B. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.58, n.3, p.561-566, 2001.

SUBHANI, P.M.; RAVISANKAR, C.; NARAYANA, N. Effect of graded levels and time of application of N and K<sub>2</sub>O on flowering, fruiting and yield of irrigated chilli. *Indian Cocoa - Arecanut and Spices Journal*, Kerala, v.14, n.2, p.70-73, 1990.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. Fertirrigação em hortaliças. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. 53p. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 196).

VANANGAMUDI, K.; SUBRAMANIAN, K. S.; BASKARAN, M. Influence of irrigation and nitrogen on the yield and quality of chilli fruit and seed. *Seed Research*, v.18, n.2, p.114-116, 1990.

### **CAPÍTULO III**

**ALOCAÇÃO DE BIOMASSA SECA E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM  
PIMENTÃO FERTIRRIGADO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

## **Alocação de biomassa seca e eficiência do uso da água em pimentão fertirrigado na Região Metropolitana do Recife**

**Resumo:** Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a alocação de biomassa seca de folhas, caule e raiz e relação raiz/parte aérea, a eficiência do uso da água e o teor de água nos frutos de pimentão em cultivo sob influência de lâminas de irrigação e doses de potássio. O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5 x 2 e quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), aplicadas parceladamente, por intermédio de um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores auto-compensantes, instalado em uma bateria de 40 lisímetros de drenagem cultivados com pimentão híbrido (Maximos F1), localizada no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE. O ciclo fenológico durou 142 dias, e aos 112 dias após o transplante foi determinada alocação de biomassa seca, eficiência do uso da água e umidade nos frutos do pimentão. A alocação de biomassa seca do pimentão foi influenciada pelos regimes de fertirrigação; quando se fixou a menor dose, as estimativas da maior eficiência do uso da água e umidade nos frutos ocorreram com o emprego da lâmina de irrigação de máxima eficiência de 97 e 95% da ETc, respectivamente; quando se fixou a maior dose, as estimativas da maior eficiência no uso da água e umidade nos frutos ocorreram com o emprego da lâmina de irrigação de máxima eficiência de 92 e 120% da ETc, respectivamente.

**Palavras chave:** *Capsicum annuum*, lâminas de irrigação, doses de potássio, lisímetros de drenagem.

## **Dry biomass allocation and water use efficiency on fertigated sweet pepper at Recife Region**

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the dry weight allocation of leaves, stem, root and root/shoot, the efficiency of water use and water content in fruits of sweet pepper cultivation under the influence of water depths and potassium doses. The statistic design was completely randomized in 5 x 2 factorial, and four replications and five water depths (80, 90, 100, 110 and 120% of ETc) and two levels of potassium (80 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O), applied split according to phenological phase, through a system of drip irrigation



emitters with self-compensated, installed in a battery of 40 drainage lysimeters cultivated with sweet pepper (Maximos F1), located in campus of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, PE. The phenological cycle lasted 142 days, and 112 days after transplantation was determined dry biomass allocation, water use efficiency and moisture in bell pepper. The dry biomass allocation of sweet pepper was influenced by fertigation regimes; when set itself the lowest dose, estimates of the efficiency of water use and humidity in the fruit occurred with the use of water depth for maximum efficiency of 97 and 95% of ET<sub>c</sub>, respectively; when they set itself the highest dose, the estimates of efficiency in water use and moisture in the fruit occurred with the use of water depth for maximum efficiency of 92 and 120% of ET<sub>c</sub>, respectively.

**Keywords:** *Capsicum annuum*, water depths, potassium levels, drainage lysimeters.

## INTRODUÇÃO

A espécie *Capsicum annuum* é uma solanácea perene, porém cultivada como cultura anual. É tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile (Filgueira, 2008). O pimentão está entre as culturas que apresentam uma grande utilização de híbridos por apresentarem elevado potencial de produção.

O uso de informações de produtividade e eficiência do uso da água são importantes para a análise econômica da produção e, manejo da irrigação e ainda auxilia na economia do uso da água (Sandri et al., 2007).

A aplicação de fertilizantes junto à água de irrigação caracteriza a técnica denominada fertirrigação. O emprego dessa técnica tem possibilitado a otimização do uso de insumos em diferentes culturas irrigadas, tanto em aspectos relacionados à produtividade quanto à qualidade dos produtos obtidos, sendo mais notável sua adoção em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizada (Oliveira & Villas Bôas, 2008), sendo que a uniformidade de distribuição dos nutrientes está diretamente relacionada com o coeficiente de uniformidade da água de irrigação (Trani & Carrijo, 2004).

A alocação de recursos em plantas tem sido descrita através da distribuição preferencial de biomassa e nutrientes em seus diversos órgãos. A distribuição desses recursos depende de vários fatores, como idade, nutrição, competição, relações hídricas, hábito de crescimento,

etc. (Brouwer, 1962). No que se relaciona a plantas cultivadas, visa-se obter diferentes razões de alocação raiz/parte aérea, dependendo de seu hábito de crescimento.

A eficiência do uso da água (EUA) relaciona a produção de biomassa ou produção comercial pela quantidade de água aplicada ou evapotranspirada. Em agricultura irrigada, a elevação e a determinação dos níveis desta eficiência são bastante complexos e requerem conhecimentos e considerações interdisciplinares; todavia, Dinar (1993) menciona que existem meios para se elevar os valores da eficiência do uso da água destacando-se, entre esses, o manejo adequado de irrigação, e o maior objetivo das pesquisas nesta área está em conseguir altos valores da EUA, mantendo-se altas produtividades (Buzetti et al., 1993).

A água é imprescindível à vida vegetal e constitui mais de 90% do peso da parte utilizável da maioria das hortaliças, sendo fácil, portanto, aquilatar sua importância na olericultura (Filgueira, 2008). A água nos alimentos pode ser avaliada e medida por meio do estudo da atividade de água, que é, de maneira geral, a avaliação da quantidade de água livre ou ativa contida no alimento, e provavelmente é o fator individual que mais influi na alteração dos alimentos, afetando sua natureza física e suas propriedades (Silva et al., 2010).

O lisímetro é um equipamento constituído por um tanque impermeável enterrado, no qual se encontra um determinado volume de solo do terreno que se quer estudar, e permite conhecer com detalhes o balanço hídrico desse volume (Pereira et al., 1997; Garcez, 1974). Um dreno permite o escoamento do excesso da água, impedindo que o solo se torne saturado dentro dos tanques. A utilização de lisímetros envolve medições de toda entrada e saída de água, de um volume de solo isolado hidrológicamente, com sua superfície vegetada ou não.

Esta dinâmica do fluxo de água pode ser representada pela equação do balanço hídrico:  $P + I = E_{To} + D + \Delta w$ , onde: P = precipitação, I = irrigação,  $E_{To}$  = evapotranspiração de referência, D = drenagem profunda e  $\Delta w$  = mudança no armazenamento de água no solo (Aboukhaled et al., 1982; Albuquerque Filho, 2006). O balanço de água deve ser feito individualmente para cada tanque. A percolação da água nos tanques é demorada, podendo levar horas para se completar. Por essa razão, o balanço de água só deve ser feito após um período de tempo de vários dias, e o volume de água adicionado deve ser o mesmo em cada tanque.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a alocação de biomassa seca de folhas, caule e raiz e relação raiz/parte aérea, a eficiência do uso da água e o teor de água nos frutos de pimentão em cultivo sob influência de lâminas de irrigação e doses de potássio.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação Lisimétrica do Departamento de Tecnologia Rural (DTR), situada no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude de 6,486 m, cujo clima, segundo classificação de Koppen, é As (megatérmico tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C com precipitações de outono e inverno.

A área do experimento possui dimensão de 464,40 m<sup>2</sup> de área plantada, onde está instalada uma bateria de 40 lisímetros de drenagem, preenchidos com solo de textura arenosa. A constituição dos lisímetros é de Cimento Reforçado com Fio Sintético – CRFS, de formato troncônico e capacidade de 1.000 L, com diâmetro externo na borda superior 1,38 m (Albuquerque Filho et al., 2009).

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições. Apresentou cinco níveis de lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ET<sub>c</sub>), e dois níveis de adubação potássica (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), aplicadas de forma parcelada. A irrigação foi realizada por intermédio de um sistema de gotejamento, com emissores autocompensantes, online, modelo Katif, tipo botão de fabricação Plastro, com vazão medida em campo de 3,90 L h<sup>-1</sup> (Figura 1).



**Figura 1.** Coleta dos volumes de água para determinação da vazão dos emissores e da uniformidade de aplicação, aos 120 dias após a implantação da cultura

A cultura implantada foi o pimentão, o híbrido Maximos F1 (EliSem -Clause Vegetable Seeds). A parcela útil foi composta por três plantas em cada lisímetro, com espaçamento de 0,40 m entre plantas na linha e 1,30 m entre linhas. As mudas, que já estavam com 30 dias após o semeio, foram adquiridas em produtor certificado.

A uniformidade de distribuição da água foi determinada utilizando o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), em duas épocas de amostragem, baseando-se na metodologia proposta por Bernardo et al. (2008). Para ambas as doses de potássio aplicadas (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O), o CUC e o CUD médios encontrados para a distribuição de água foi de 96,07 e 93,92%, respectivamente.

Diariamente as plantas foram irrigadas, e as lâminas de irrigação foram calculadas a partir da ETC, a qual foi obtida pelo produto da ETo, pelo Kc na respectiva fase fenológica e por um coeficiente de localização médio, o qual foi estimado pela média de quatro métodos de estimativa do coeficiente de localização, segundo Pizarro (1996), que dependem do valor da fração de área sombreada pelo cultivo (S). A evapotranspiração de referência e a precipitação foram obtidas na estação meteorológica automatizada do DTR/UFRPE, a qual possui sensores e armazenador de dados necessários para determinação da ETo de Penman-Monteith. Os valores de Kc utilizados diariamente de acordo com a fase fenológica do pimentão foram os propostos por Doorenbos & Pruitt (1977).

Como fertilizantes adicionados na água de irrigação, utilizou-se fosfato monoamônico purificado (MAP), nitrato de cálcio, sulfato de magnésio e cloreto de potássio. As doses diárias dos nutrientes aplicadas na fertirrigação seguiram recomendações de Trani & Carrijo (2004), ressalvando que foram feitos ajustes nas dosagens de potássio estudadas.

Aos 112 dias de experimento, as plantas foram colhidas e separadas em folhas, caule e raiz; os órgãos foram pesados em balança de precisão (0,01 g) para obtenção da massa úmida, acondicionados em sacos de papel, identificados e levados para a estufa de aeração forçada a 65 °C, no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Área de Química Agrícola, Departamento de Química da UFRPE (DQ/UFRPE). O material permaneceu na estufa durante 72 horas, até obter massa constante. Em seguida, procedeu-se à nova pesagem do material para obtenção da matéria seca.

Para a determinação da alocação de biomassa, foram calculadas a matéria seca total (MST), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC) e a matéria seca de raiz (MSR), ambas em g planta<sup>-1</sup>, por tratamento. Com os dados da matéria seca, calculou-se a alocação de biomassa para as folhas (ABF), caules (ABC) e raízes (ABR) (todas em %), e a relação raiz/parte aérea (R/Pa) (adimensional), segundo Benincasa (2003).

A eficiência do uso da água (EUA) no final do ciclo fenológico foi definida pela relação entre a produção, em kg, e a quantidade de água aplicada, em m<sup>3</sup>, expressa em kg m<sup>-3</sup>.

Do total de frutos colhidos foi retirada uma amostra de três frutos por lisímetro, os quais foram pesados em balança de precisão (0,01 g) para obtenção da massa úmida; em seguida foram reduzidos em pedaços, acondicionados em recipientes abertos de alumínio e levados para a mesma estufa do DQ/UFRPE, durante aproximadamente 120 horas, até obter massa constante.

Em seguida, procedeu-se à nova pesagem do material para obtenção da massa seca. A umidade nos frutos (U) foi determinada pela seguinte equação:

$$U = \frac{MFF - MSF}{MFF} \times 100 \quad (1)$$

em que:

U - teor de água nos frutos, %;

MFF - massa fresca de frutos, g; e

MSF - massa seca de frutos, g.

Além da EUA e U, a produtividade (P) também foi avaliada, ao longo de cinco colheitas. Os dados foram analisados no sistema computacional SISVAR Versão 5.3 (Sistema para Análises Estatísticas) (Ferreira, 2008) e interpretados por meio das significâncias das análises de variância e regressão, considerando-se o nível de probabilidade de até 5% pelo teste F.

Para estabelecer um modelo que representasse o fenômeno em estudo utilizou-se o teste “t” de Student para testar os coeficientes de regressão, adotando o nível de probabilidade de 10% e os coeficientes de determinação R<sup>2</sup>.

A apresentação das equações de regressão e suas interpretações foram de acordo com recomendação de Alvarez & Alvarez (2003). A lâmina de irrigação ótima foi estimada a partir das análises de regressão, onde o modelo quadrático foi derivado obtendo-se o ponto de máximo para todas as variáveis estudadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 verifica-se efeito significativo em níveis de significância variando de 1 a 0,1% de probabilidade da interação lâmina (L) x dose (D) e dos fatores isolados L e D para a matéria seca e a alocação de biomassa dos órgãos vegetativos.

**Tabela 1.** Resumo da ANOVA para matéria seca das folhas, do caule, de raiz e total, alocação de biomassa das folhas, do caule e da raiz, razão raiz/parte aérea e produtividade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios								
		MSF	MSC	MSR	MST	ABF	ABC	ABR	R/Pa	P
L (%ETc)	4	30,11***	36,60***	1,98 <sup>NS</sup>	92,27***	134,33***	138,19***	53,04***	0,0147***	103,12***
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	124,57***	38,48***	2,94 <sup>NS</sup>	364,02***	257,87***	66,61**	62,36**	0,0184**	13,37**
L x D	4	41,48***	45,91***	19,56***	239,32***	117,77***	115,53***	48,53***	0,0129***	25,85***
Resíduo	30	2,36	1,53	1,03	6,80	9,00	6,97	6,82	0,0019	1,56
CV%		13,37	8,49	14,47	7,88	8,76	5,97	12,14	15,55	6,73

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%

\*\* e \*\*\* Significativos a 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F

As médias gerais da MSF, MSC, MSR e MST obtidas foram 11,50; 14,57; 7,03 e 33,09 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. A alocação de biomassa nos órgãos vegetativos apresentou médias gerais de 34,26; 44,23 e 21,51% para ABF, ABC e ABR, respectivamente, e 0,28 para a R/Pa.

Considerando o desdobramento da interação L x D, na Tabela 2 encontram-se as equações de regressão ajustadas aos dados médios e seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), em função da variação nos níveis de lâminas de irrigação dentro das doses de potássio. As demais variáveis que não foram apresentadas nesta tabela não se ajustaram a modelos lineares ou quadráticos.

**Tabela 2.** Equações de regressão ajustadas aos dados médios de MSC, MSR, ABF, ABC, ABR, R/Pa e P, em função das lâminas de irrigação estimadas nos níveis das doses de potássio (D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub>), com os respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>)

Variáveis	Equações de Regressão Ajustadas	R <sup>2</sup>
MSC (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 151,57 - 2,83***X + 0,014***X^2$	0,6029
MSR (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 31,94 - 0,604*X + 0,0035*X^2$	0,5760
ABF (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 248,60 + 5,55***X - 0,027***X^2$	0,5206
ABC (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 347,39 - 5,87***X + 0,028***X^2$	0,8962
ABC (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 121,58 - 1,73*X + 0,00927*X^2$	0,6224
ABR (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 40,37 + 1,34*X - 0,00723*X^2$	0,8319
R/Pa (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 0,602 + 0,019^{NS}X - 0,000104*X^2$	0,8151
P (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 170,76 + 3,77***X - 0,0185***X^2$	0,9037
P (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 163,53 + 3,82***X - 0,0196***X^2$	0,8903

<sup>NS</sup> Não significativo até 10%; °, \* e \*\*\* Significativos a 10, 5 e 0,1% de probabilidade pelo teste t.

Para a MSC (D<sub>1</sub>), que apresentou ajuste quadrático, houve decréscimo de 8,12% quando se compara os valores medidos na lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (14,77 g planta<sup>-1</sup>) e na lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (13,57 g planta<sup>-1</sup>); para a dose D<sub>2</sub>, cujo ajuste foi linear, foi observado incremento

de 16,14% comparando os valores obtidos nas lâminas de irrigação  $L_1$  e  $L_5$  (14,37 e 16,69 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente).

Na MSR foram encontrados ajustes quadráticos fixando-se as doses  $D_1$  e  $D_2$  de potássio. No primeiro caso, houve acréscimo de 63,79% ao se comparar os valores estimados na lâmina de irrigação  $L_1$  (6,02 g planta<sup>-1</sup>) e na lâmina de irrigação  $L_5$  (9,86 g planta<sup>-1</sup>).

Estes resultados são inferiores aos resultados encontrados por Melo et al. (2010), onde observaram que tanto o nitrogênio quanto o potássio promoveram aumentos significativos de natureza quadrática sobre a fitomassa seca foliar (FMSF) em bananeira, e esta produção máxima da FMSF estimada foi de 1528,4 g planta<sup>-1</sup> quando aplicados conjuntamente 441,35 kg ha<sup>-1</sup> de N e 755,2 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; ainda segundo estes autores, o maior valor da fitomassa seca do pseudocaule (FMSPC) (3545,95 g planta<sup>-1</sup>) foi obtido quando foram aplicados 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, e com relação à fitomassa seca do cacho (FMSC), a maior produção obtida foi de 3412,52 g na combinação das maiores doses aplicadas de N (750 kg ha<sup>-1</sup>) e K (870 kg ha<sup>-1</sup>).

A ABF ( $D_1$ ) apresentou ajuste quadrático; também pela derivada primeira da equação de regressão, foi estimada a lâmina de irrigação de 102,78% da ETc como aquela responsável pela máxima alocação de biomassa das folhas (36,61%).

A ABC apresentou ajustes quadráticos para ambas as doses de potássio; no primeiro caso houve decréscimo de 18,95%, e no segundo, um acréscimo de 11,67%, comparando-se com os dados estimados nas lâminas de irrigação  $L_1$  e  $L_5$ .

Para a ABR ( $D_2$ ) ocorreu ajuste quadrático, e pela derivada primeira da equação de regressão, foi encontrada a lâmina ótima de irrigação de 92,67% da ETc, como a responsável pela máxima alocação de biomassa de raiz (21,72%).

Na relação raiz/parte, fixando-se a dose  $D_2$ , a lâmina ótima de irrigação estimada foi de 91,35% da ETc, responsável pela máxima R/Pa (0,27).

Para as demais variáveis que não foram apresentadas, os dados observados não apresentaram qualidade adequada no ajuste a modelos linear ou quadrático e nem significância aceitável pelo teste “t”.

Silva et al. (2008) não observaram diferença significativa entre os tratamentos avaliados para a alocação de biomassa das folhas (ABF), dos caules (ABC) e das raízes (ABF) e a razão raiz/parte aérea (R/Pa), em estudos realizados em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos.

De maneira semelhante, Melo et al. (2010) concluíram que em bananeira, a partição de fitomassa seca da planta, entre limbos, bainhas foliares e cachos, foi influenciada pelos

tratamentos estudados, e a distribuição de fitomassa seca da parte aérea destinada à fitomassa seca foliar correspondeu a 16,51%, à fitomassa seca do pseudocaule a 43,77% e à fitomassa seca do cacho a 39,71% do rendimento total máximo estimado de 8054,88 g planta<sup>-1</sup>, que foi obtido na combinação de 700 kg ha<sup>-1</sup> de N e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

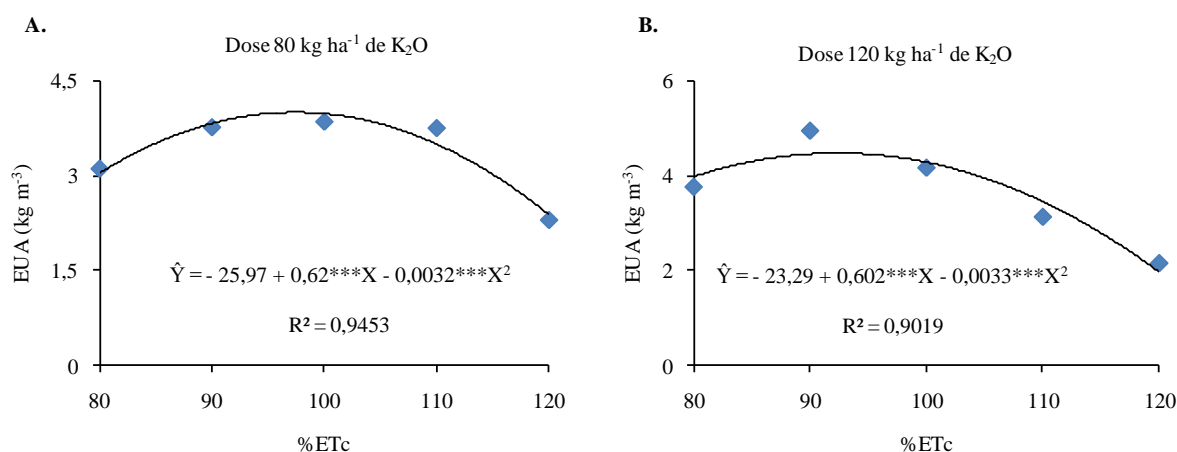
Na Tabela 3 verifica-se efeito significativo em níveis de significância de 0,1% de probabilidade da interação L x D e dos fatores isolados L e D para a eficiência do uso da água. Nesta mesma tabela verifica-se efeito significativo em níveis de significância de 5% de probabilidade da interação L x D para o teor de água nos frutos de pimentão.

**Tabela 3.** Resumo da ANOVA para a eficiência do uso da água e umidade nos frutos

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		EUA	U
L (%ETc)	4	5,24***	0,65 <sup>NS</sup>
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	0,81***	0,03 <sup>NS</sup>
L x D	4	0,96***	1,13*
Resíduo	30	0,054	0,30
CV%		6,63	0,57

\*, \*\*\* Significativos a 5 e 0,1% de probabilidade pelo teste F

Conforme desdobramento da interação L x D, para a variável eficiência do uso da água, os respectivos modelos de regressão (Figura 2) indicaram relação quadrática para ambas as doses de potássio.



**Figura 2.** Eficiência do uso da água (EUA) em função de lâminas de irrigação estimada nos níveis da dose de potássio D<sub>1</sub> (80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (A) e dose de potássio D<sub>2</sub> (120 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (B)



A média geral da EUA foi de  $3,49 \text{ kg m}^{-3}$ . Pela derivada primeira da equação de regressão, e fixando-se a dose  $D_1$  de potássio (Figura 2A), estimou-se a lâmina ótima de irrigação de 97,41% da ETc como aquela responsável pela máxima eficiência do uso da água ( $4,01 \text{ kg m}^{-3}$ ). Houve incrementos de 31,40 e 67,38% ao se comparar os dados estimados nas lâminas de irrigação  $L_1$  ( $3,05 \text{ kg m}^{-3}$ ) e  $L_5$  ( $2,39 \text{ kg m}^{-3}$ ) com o valor máximo estimado.

Para a dose  $D_2$  de potássio (Figura 2B), também pela derivada primeira da equação de regressão, foi estimada a lâmina de 92,30% da ETc sendo a responsável pela máxima eficiência do uso da água ( $4,48 \text{ kg m}^{-3}$ ). Observou-se incrementos de 12,37 e 126,51% quando se compara os dados observados nas lâminas de irrigação  $L_1$  ( $3,98 \text{ kg m}^{-3}$ ) e  $L_5$  ( $1,98 \text{ kg m}^{-3}$ ) com o valor de máxima eficiência. Esta redução observada no dado da lâmina de irrigação  $L_5$  talvez tenha ocorrido em função da maior quantidade de água aplicada.

Os dados da média geral e os de máxima eficiência do uso da água são superiores aos valores de 1,5 a  $3,0 \text{ kg m}^{-3}$  sugeridos por Doorenbos & Kassam (1994). Estes resultados são diferentes dos resultados obtidos por Albuquerque Filho et al. (2009), que encontraram dados estimados com o modelo linear para a EUA na primeira época de plantio, os quais aumentaram com os níveis crescentes de doses, e verificaram que o emprego da dose máxima proporcionou incremento de 36,56% na eficiência do uso da água em relação à dose testemunha, ao avaliarem o efeito de lâminas de irrigação e doses crescentes do polímero hidroabsorvente Hidratassolo na eficiência do uso da água e nas características vegetativas do coentro cultivado em solo arenoso.

Porém, os modelos de regressão encontrados corroboram com os modelos obtidos pelos mesmos autores na segunda época de plantio, em que, fixando a lâmina  $L_2$  para EUA, e de posse do modelo quadrático, estimaram, pela derivada primeira, a dose de máxima eficiência em  $7,68 \text{ dg kg}^{-1}$  como aquela responsável pelo valor máximo de EUA de  $32,45 \text{ kg m}^{-3}$  e incremento de 27,10% em relação à testemunha, estimada em  $25,53 \text{ kg m}^{-3}$ .

No entanto, com relação ao modelo especificado, estes resultados corroboraram com os obtidos por Farias et al. (2008), que encontraram como melhor ajuste o modelo quadrático, estimado em função da lâmina total aplicada (lâmina + precipitação efetiva), que estimaram  $7,22 \text{ kg m}^{-3}$  para cana irrigada com 100% da ETc e  $3,99 \text{ kg m}^{-3}$  para cana sob regime de sequeiro.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Azevedo et al. (2005), que encontraram maior valor absoluto de eficiência do uso da água de  $1,85 \text{ kg m}^{-3}$ , com a lâmina de 60% da evaporação do tanque classe "A". Estes autores encontraram como valor médio entre os tratamentos de  $1,74 \text{ kg m}^{-3}$  e a amplitude de variação de  $0,24 \text{ kg m}^{-3}$ , entre as lâminas

de irrigação de 60 e 80% da evaporação do tanque classe “A”, respectivamente, o menor e maior valor observado, ao avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação por gotejamento, baseadas em percentuais da evaporação do tanque classe “A”, no rendimento da pimenteira (*Capsicum frutescens* L.) cv. Tabasco McIlhenny, nas condições edafoclimáticas de Pentecoste-CE.

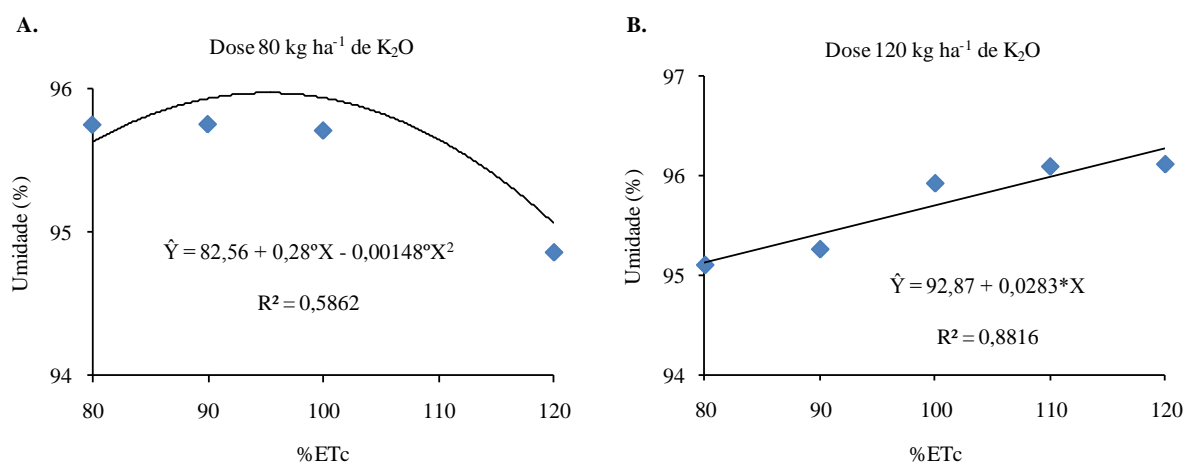
Resultados com maiores valores de eficiência do uso da água foram os obtidos por Sandri et al. (2007), que encontraram valores variando de 26,20 a 35,60 g L<sup>-1</sup> em função dos tratamentos aplicados ao avaliar o efeito da aplicação de água residuária tratada com macrófitas e água de um reservatório de fonte hídrica superficial, no desenvolvimento, classificação comercial e eficiência do uso da água na alface cv “Elisa”, durante dois ciclos, através dos sistemas de irrigação por aspersão, gotejamento subterrâneo e superficial.

Similarmente, Sousa et al. (2005) constataram, no geral, decréscimo acentuado da EUA em maracujazeiro fertirrigado com o aumento da quantidade de água aplicada pela irrigação, exceto na dose de 0,45 kg planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, em que foi observado um pequeno acréscimo na EUA do primeiro para o segundo nível de água aplicado, e concluíram que os maiores e os menores valores de eficiência do uso da água pelo maracujazeiro foram obtidos com os respectivos menores e maiores volumes de água aplicados e, em parte, evidencia que o aumento do volume de água aplicada no maracujazeiro reduz a eficiência do uso da água.

Buzetti et al. (1993), estudando os efeitos das doses de N e de K<sub>2</sub>O na eficiência do uso da água e na qualidade de frutos de melão, verificaram que a adubação influenciou o aproveitamento da água pelos cultivares estudados, e os valores obtidos em cada tratamento traduziram a importância do manejo correto da cultura para que se tenha uma máxima produção por unidade de água aplicada.

Sousa et al. (2000), avaliando o efeito de cinco frequências de irrigação por gotejamento, na maximização da produtividade e na eficiência do uso da água pelo meloeiro (cultivar Eldorado 300), cultivado em solo arenoso de Tabuleiro Costeiro, observaram que o meloeiro irrigado por gotejamento, com frequência inferior a um dia, tendeu a reduzir a produtividade e a eficiência do uso da água para as quatro situações analisadas.

Em relação à umidade nos frutos, os modelos de regressão indicaram relação quadrática e linear fixando-se a dose D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub> de potássio, respectivamente, conforme a Figura 3. A média geral da umidade nos frutos observada foi de 95,67%.



**Figura 3.** Teor de água nos frutos (U) em função de lâminas de irrigação estimada nos níveis da dose de potássio D<sub>1</sub> (80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (A) e dose de potássio D<sub>2</sub> (120 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) (B)

Pela derivada primeira da equação de regressão, e fixando-se a dose D<sub>1</sub> de potássio (Figura 3A), estimou-se a lâmina ótima de 94,59% da ETc como aquela responsável pela máxima umidade nos frutos (95,80%). Houve incrementos de 0,33 e 1,01% ao se comparar os valores estimados nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (95,49%) e L<sub>5</sub> (94,85%) com o valor máximo estimado.

Para a dose D<sub>2</sub> de potássio (Figura 3B), o teor de umidade aumenta com o aumento crescente das lâminas de irrigação; observou-se incremento de 1,19% quando se compara os valores estimados nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (95,13%) e L<sub>5</sub> (96,27%).

Os teores de água foram superiores aos encontrados por Rinaldi et al. (2008), que encontraram variação de 92,59 a 93,88% nas variedades de pimentões testadas em campo e hidroponicamente (Impacto, Magali e Paloma); estes resultados também foram superiores aos teores de umidade obtidos por Pilon et al. (2006), que obtiveram o valor médio de 94,16% de umidade em pimentão da cultivar Magali minimamente processado.

Por esta figura é possível concluir, no primeiro caso, que o teor de água decresceu a partir do ponto de máximo (correspondente à lâmina ótima estimada), o que pode ser explicado pela lixiviação do potássio, que é um elemento importante para a manutenção da quantidade de água nas plantas, além de que a absorção de água pela célula e pelos tecidos é frequentemente consequência da absorção ativa do potássio; no segundo caso, o teor de água aumentou com os níveis crescentes das lâminas de irrigação, possivelmente pela manutenção de maiores níveis de potássio disponível para as plantas, ainda que tenha aplicado lâminas de irrigação maiores e lixiviando mais íons potássio, consequentemente.

## CONCLUSÕES

1. Os resultados encontrados demonstram que nas condições experimentais do presente trabalho, a alocação de biomassa seca do pimentão (folhas, caule e raiz) e a relação raiz/parte aérea foram influenciadas pelos regimes de fertirrigação, alterando alguns padrões de distribuição entre os órgãos vegetativos.
2. No aspecto geral, a maior alocação de biomassa seca ocorreu no caule, uma vez que este órgão também representou a maior produção de biomassa seca.
3. Quando se fixou a menor dose, as estimativas da maior eficiência no uso da água e umidade nos frutos ocorreram com o emprego da lâmina de irrigação de máxima eficiência de 97 e 95% da evapotranspiração da cultura, respectivamente.
4. Quando se fixou a maior dose, as estimativas da maior eficiência no uso da água e umidade nos frutos ocorreram com o emprego da lâmina de irrigação de máxima eficiência de 92 e 120% da evapotranspiração da cultura, respectivamente.

**LITERAURA CITADA**

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. Lysimeters. Rome. FAO. 1982. 68p. (Irrigation e Drainage, paper: 39).

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. Eficiência do uso da água no cultivo do coentro e da salsa na presença de um polímero hidroabsorvente. 2006. 124 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.13, n.6, p.671–679, 2009.

ALVAREZ V., V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.28, n.3, p.28-32, 2003.

AZEVEDO, B. M.; CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F.; AQUINO, B. F.; BEZERRA, F. M. L.; VIANA, T. V. A. Rendimento da pimenteira em função de lâminas de irrigação. Ciência Agronômica, Fortaleza, v.36, n.3, p.268-273, 2005.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8ª Ed. Viçosa – MG: Ed. UVF, 2008. 625p.

BUZETTI, S.; HERNANDEZ, F. B. T.; SÁ, M. E.; SUZUKI, M. A. Influência da adubação nitrogenada e potássica na eficiência do uso da água e na qualidade de frutos de melão. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 50, n. 2, p.419-426, 1993.

BROUWER, R. Distribution of dry matter in the plant. Netherlands Journal of Agricultural Science, v.10, p.361-376, 1962.

DINAR, A. Economic factors and opportunities as determinantsof water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science*, New York, v.14, p.47-52, 1993.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Trad. de H. R. GHEYI, A. A. DE SOUSA, F. A. V. DAMASCENO E J. F. DE MEDEIROS. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Eficiência no uso da água na cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de zinco no litoral paraibano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.3, p.494-506, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed., Viçosa: UFV, 2008. 421p.

GARCEZ, L. N. Hidrologia. São Paulo: Edgar Blücher, 1974. 249p.

MELO, A. S.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 417-426, 2010.

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.

PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A. O parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa da evapotranspiração de referência na escala mensal. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, p. 83-87, 1997.

PILON, L.; OETTERER, M.; GALLO, C. R.; SPOTO, M. H. F. Shelf life of minimally processed carrot and green pepper. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.26, n.1, p.150-158, 2006.

PIZARRO, F. Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación. 3. ed. Madrid, España: Mundi-Prensa, 1996. 511p.

RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; RIBEIRO, M. O.; AMARAL, A. G. Características físico-químicas e nutricionais de pimentão produzido em campo e hidroponia. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.28, n. 3, p.558-563, 2008.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.1, p.17-29, 2007.

SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. A. C.; ALVES, N. M. C.; MELO, K. S.; GOMES, J. P. Característica higroscópica e termodinâmica do coentro desidratado. *Ciência Agrônômica*, v.41, n.2, p. 237-244, 2010.

SILVA, M. A. V.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; OLIVEIRA, A. F. M.; SANTOS, V. F. Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira submetidas a diferentes regimes hídricos. *Revista Árvore*, Viçosa, v.32, n.2, p.335-344, 2008.

SOUSA, V. F.; COÊLHO, E. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

SOUSA, V. F.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; VIANA, T. V. A. Eficiência do uso da água pelo maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.3, p.302-306, 2005.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. Fertirrigação em hortaliças. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. 53p. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 196).

## **CAPÍTULO IV**

### **LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO EM CULTIVO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**



## **Lixiviação de potássio em cultivo de pimentão fertirrigado na Região Metropolitana do Recife**

**Resumo:** Objetivando-se determinar a concentração de potássio ( $K^+$ ), a condutividade elétrica (CE) da água de drenagem e as perdas de potássio na forma de  $K_2O$  em cultivo de pimentão (Maximos F1), foi conduzido um experimento em uma bateria de 40 lisímetros, localizada no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, em delineamento estatístico inteiramente casualizado e esquema fatorial  $5 \times 2$ , com quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ ), aplicadas de forma parcelada de acordo com a fase fenológica, através de um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensáveis. Durante todo o ciclo procedeu-se à medição dos volumes gerados a partir de drenagem natural, proveniente dos balanços de água quinzenais nos lisímetros e coleta de amostras para análises da concentração de  $K^+$  e CE. O volume drenado apresentou aumento em determinados eventos de balanço hídrico em função das precipitações ocorridas no período, lixiviando íons potássio. A concentração de  $K^+$  e a CE apresentaram ajustes lineares significativos crescentes em todas as fases do ciclo, cujos valores médios foram 9,79  $mg\ L^{-1}$  e 0,35  $dS\ m^{-1}$ , respectivamente; a média de  $K_2O$  perdida foi de 40,23  $kg\ ha^{-1}$ . Observou-se que a aplicação da menor lâmina de irrigação com a menor dose de potássio ocasionou as menores perdas de  $K_2O$ , em média 26,22  $kg\ ha^{-1}$ ; com a aplicação da maior lâmina de irrigação e da maior dose as perdas de  $K_2O$  foram maiores, em média de 60,10  $kg\ ha^{-1}$ .

**Palavras chave:** irrigação localizada, lisímetros de drenagem, perda de nutrientes, salinidade do solo.

### **Leaching of potassium on fertigated sweet pepper crop at Recife Region**

**Abstract:** With the objective to determine the concentration of potassium ( $K^+$ ), the electrical conductivity (EC) in water drainage and potassium losses in the form of  $K_2O$  in pepper cultivation in the cultivation of pepper (Maximos F1), was conducted a experiment on a battery of 40 lysimeters, located on the campus of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, in a completely randomized in  $5 \times 2$  factorial, with four replications and five water depths (80, 90, 100, 110 and 120% of ETc) and two levels of potassium (80 and 120  $kg\ ha^{-1}$  of  $K_2O$ ), applied parceled according to phenological phase,

through a system of drip irrigation, with self-compensable emitters. Throughout the cycle proceeded to the measurement of volumes generated from natural drainage, from the fortnightly water balances in the lysimeters and collection of samples for analysis to determine the  $K^+$  and EC. The drained volume showed increases in certain events of water balance due to the high rainfall during the period, leaching potassium ions. The  $K^+$  content and the EC showed significant linear adjustments in all phases of the cycle, whose mean values were  $9.79 \text{ mg L}^{-1}$  and  $0.35 \text{ dS m}^{-1}$ , respectively; the average  $K_2O$  lost was  $40.23 \text{ kg ha}^{-1}$ . It was observed that the application of the lowest water depth with the lowest dose caused the lowest loss of potassium as  $K_2O$ , average of  $26.22 \text{ kg ha}^{-1}$ ; with the application of higher water depth and the higher dose, losses of  $K_2O$  were higher, average of  $60.10 \text{ kg ha}^{-1}$ .

**Keywords:** drip irrigation, drainage lysimeters, nutrient loss, soil salinity.

## INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma cultura de retorno rápido aos investimentos devido ao curto período para o início da produção, sendo assim largamente explorada por pequenos e médios horticultores (Marcussi & Villas Bôas, 2003).

Silva et al. (2001) destacam a importância do potássio no metabolismo do pimentão, que melhora as características físicas e químicas dos frutos, em razão da otimização no processo de transpiração e formação de carboidratos, entretanto, a lixiviação mais a erosão respondem por 0 a 10% do potássio aplicado (Malavolta, 2006).

A aplicação de fertilizantes junto à água de irrigação caracteriza a técnica denominada fertirrigação. O emprego dessa técnica tem possibilitado a otimização do uso de insumos em diferentes culturas irrigadas, tanto em aspectos relacionados à produtividade quanto à qualidade dos produtos obtidos, sendo mais notável sua adoção em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizada (Oliveira & Villas Bôas, 2008), todavia, a uniformidade de distribuição dos nutrientes está diretamente relacionada com o coeficiente de uniformidade da água de irrigação (Trani & Carrijo, 2004).

Segundo Oliveira et al. (2008), nem todo nutriente fornecido é absorvido pelas plantas, sendo parte deste lixiviado para fora da zona de solo explorado pelo sistema radicular da cultura. Os sais, além de afetarem a disponibilidade de água, causam distúrbios nutricionais na planta, dependendo do sal e do genótipo vegetal. A presença de íons em excesso na

solução do solo pode impedir a absorção de elementos essenciais ao crescimento da planta, levando ao desbalanceamento nutricional (Tester & Davenport, 2003).

Paglia et al. (2007) observaram tendência de aumento na concentração de  $K^+$  na solução lixiviada para quatro lixiviações testadas, acompanhando os aumentos das dosagens de  $K_2O$  no solo ao estudar o efeito de doses crescentes de potássio na lixiviação do nitrato e de alguns cátions associados, em colunas de solo adubado com lodo de esgoto alcalinizado.

Rosolem & Nakagawa (2001) observaram que a lixiviação de K, no perfil de um solo de textura média, aumentou muito, quando foram aplicadas doses de  $K_2O$  acima de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  por ano, independentemente do modo de aplicação do fertilizante.

Oliveira Silva et al. (2008), em estudos de avaliação da composição da solução drenada em amostras de quatro solos do Rio Grande do Norte, irrigados com águas de valores crescentes de condutividade elétrica (CE) e relação de adsorção de sódio (RAS), verificaram que com o aumento da CE da solução drenada, em função da elevação das concentrações das águas de percolação, ocorreu uma maior lixiviação de sais.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de potássio, a condutividade elétrica e a estimativa da perda de  $K_2O$  na água de drenagem, em um cultivo de pimentão fertirrigado sob efeito de lâminas de irrigação e doses de potássio, na Região Metropolitana do Recife.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Lisimétrica do Departamento de Tecnologia Rural (DTR), situada no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, PE. A área experimental possui dimensão que totaliza  $464,4 \text{ m}^2$  de área plantada, possuindo uma bateria de 40 lisímetros de drenagem, preenchidos com solo de textura arenosa (Tabela 1), constituídos de cimento reforçado com fio sintético – CRFS, capacidade de 1000 L e diâmetro externo na borda superior 1,38 m (Albuquerque Filho et al., 2009).

**Tabela 1.** Características físicas do solo dos lisímetros (Melo, 2007)

Densidade		Pt	Granulometria			Ad	GF	Umidade na base de massa		AD	Ko
dg	dp		Ar	A	S			0,1 atm	15 atm		
$\text{g cm}^{-3}$		(%)	(%)		(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	$\text{cm h}^{-1}$
1,65	2,57	35,67	91,07	3,60	5,33	3,60	0,0	6,39	2,01	4,33	13,17

dg = densidade global; dp = densidade das partículas; Pt = porosidade total; Ar = areia; A = argila; S = silte; Ad = argila dispersa em água; GF = grau de flocculação; AD = água disponível; Ko = condutividade hidráulica saturada.

Por esta tabela, observa-se que o material de solo das parcelas foi caracterizado com 91% de areia, classificado como Neossolo Quartzarênico (Albuquerque Filho et al., 2009). O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, composto por cinco níveis de lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), as quais foram aplicadas de forma parcelada de acordo com a fase fenológica da cultura.

A fertirrigação foi feita por intermédio de sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes, online, modelo Katif, tipo botão de fabricação Plastro, espaçados de 0,40 m. A vazão do emissor medida em campo foi de 3,90 L h<sup>-1</sup>.

Para verificar a uniformidade de aplicação das doses de potássio foram determinados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), segundo Bernardo et al. (2008). Para a uniformidade de aplicação das doses, os valores médios do CUC e CUD foram 86,37 e 81,18%, respectivamente, para a dose D<sub>1</sub>; para a dose D<sub>2</sub>, foram encontrados 85,05 e 77,56% para o CUC e o CUD, respectivamente.

Nos lisímetros foram plantadas mudas de pimentão, o híbrido Maximos F1 (EliSem, Clause Vegetable Seeds), sendo três plantas em cada lisímetro compondo a parcela útil, com espaçamento de 1,30 x 0,40 m. As mudas foram adquiridas em um produtor comercial no Município de Bezerros – PE (SEMEAR – Mudas de Hortaliças).

Diariamente as plantas eram irrigadas. As lâminas de irrigação aplicadas, conforme o tratamento, foram estimadas em função da ETc (mm dia<sup>-1</sup>), a qual era obtida da seguinte maneira:  $ETc = ETo \times Kc \times Kl_{méd.}$ , em que ETo é a evapotranspiração de Penman-Monteith (mm dia<sup>-1</sup>), Kc é o coeficiente de cultivo e Kl<sub>méd.</sub> é o coeficiente de localização médio, que foi estimado pela média de quatro valores de coeficiente de localização, segundo Pizarro (1996), que dependem do valor da fração de área sombreada pelo cultivo (S). A ETo e a precipitação foram obtidas na estação meteorológica automatizada Campbell Scientific, modelo CR1000/CFM100/OS100. Os valores de Kc utilizados diariamente de acordo com a fase fenológica da cultura seguiram recomendação de Doorenbos & Pruitt (1977).

Na fertirrigação utilizou-se como fontes de nutrientes o fosfato monoamônico purificado (MAP), nitrato de cálcio, sulfato de magnésio e cloreto de potássio, fazendo-se o balanceamento necessário de nutrientes. As doses diárias de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio aplicadas na fertirrigação seguiram recomendações de Trani & Carrijo (2004), adaptando a dosagem diária de potássio na composição dos tratamentos e para as

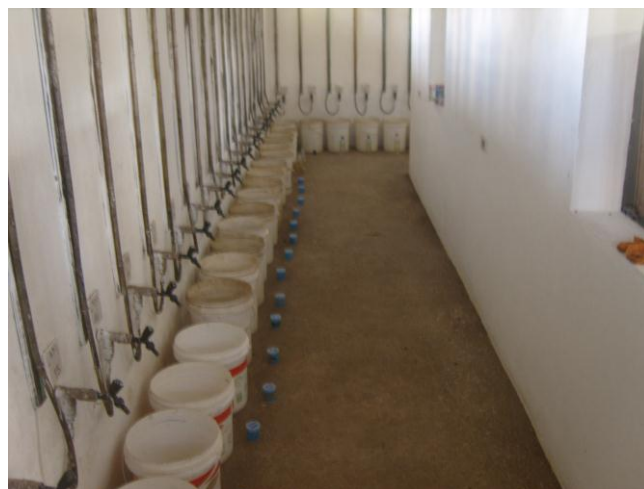
condições do experimento. Além dos macronutrientes, foram feitas duas aplicações de Quelatec AZ na dosagem recomendada para pimentão ( $2,50 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Foram realizados balanços hídricos a cada 15 dias por meio da saturação do solo nos lisímetros, com aplicação de água que permitisse ampla drenagem, e a medição do volume total drenado no dia do fechamento do balanço, o que totalizou 7 balanços hídricos durante todo o experimento (Figura 1).



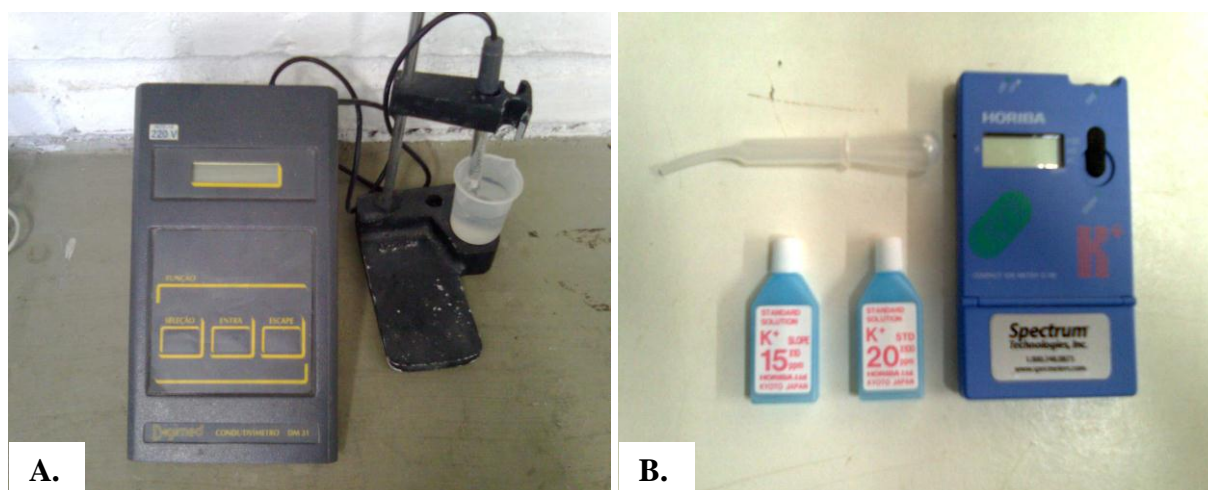
**Figura 1.** Saturação do solo nos lisímetros

Procedeu-se também à medição dos volumes gerados a partir de drenagem natural (precipitação e irrigação), além da coleta de amostras para análises da concentração de  $\text{K}^+$  e CE. As coletas de amostras dos volumes drenados foram feitas na sala de coleta (Figura 2), em recipientes plásticos, os quais foram levados para o Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos da UFRPE, onde se realizou as análises.



**Figura 2.** Sala de coleta dos volumes drenados na Estação Lisimétrica

Os volumes drenados foram medidos com o auxílio de provetas de 100 mL e 1000 mL, e de um balde graduado de 20 L, tarado de litro em litro. A CE foi medida utilizando-se um condutivímetro de bancada (DM 31 Digimed) (Figura 3A), e a concentração de  $K^+$  foi medida utilizando um medidor portátil de íons (Horiba – Spectrum Technologies) (Figura 3B).



**Figura 3.** Condutivímetro de bancada (DM 31 Digimed) (A), e medidor portátil de íons (Horiba) (B)

As perdas de  $K^+$  nos volumes drenados foram calculadas multiplicando-se o volume total drenado pela respectiva concentração do elemento na água, e em seguida estimadas na forma de  $K_2O$ , em  $kg\ ha^{-1}$ .

Os dados foram analisados no sistema computacional SISVAR Versão 5.3 (Sistema para Análises Estatísticas) (Ferreira, 2008) e interpretados por meio das significâncias das análises de variância e regressão, considerando-se o nível de probabilidade de até 5% pelo teste F.

Para estabelecer um modelo que representasse o fenômeno em estudo utilizou-se o teste “t” de Student para testar os coeficientes de regressão, adotando o nível de probabilidade de 10%, e os coeficientes de determinação  $R^2$ . A apresentação das equações de regressão e suas interpretações foram de acordo com recomendação de Alvarez & Alvarez (2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros provenientes da lixiviação avaliados foram concentração de potássio ( $K^+$ ), condutividade elétrica (CE) e quantidade de  $K_2O$  perdida.

Verifica-se, na Tabela 2, efeito significativo em níveis de significância de 5 e 0,1% de probabilidade da interação lâmina (L) x dose (D) e dos fatores isolados L e D para o  $K^+$  nos balanços hídricos quinzenais do experimento.

**Tabela 2.** Resumo da ANOVA para a concentração de potássio e condutividade elétrica nos balanços hídricos quinzenais

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
		1º BH		2º BH		3º BH		4º BH	
		$K^+$	CE	$K^+$	CE	$K^+$	CE	$K^+$	CE
L (%ETc)	4	62,12***	0,0076***	31,83***	0,0247***	18,49***	0,0050*	18,26***	0,0163***
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	46,59***	0,0017 <sup>NS</sup>	21,76***	0,0295***	38,20***	0,00006 <sup>NS</sup>	5,45 <sup>NS</sup>	0,0011 <sup>NS</sup>
L x D	4	32,63***	0,0008 <sup>NS</sup>	2,10 <sup>NS</sup>	0,0191***	25,90***	0,0015 <sup>NS</sup>	2,07 <sup>NS</sup>	0,0054***
Resíduo	30	2,40	0,0010	1,38	0,0016	2,66	0,0019	1,72	0,0004
CV%		13,02	10,88	14,90	11,43	13,49	9,88	11,95	5,04

Fonte de Variação	GL	5º BH		6º BH		7º BH	
		$K^+$	CE	$K^+$	CE	$K^+$	CE
		L (%ETc)	4	22,64***	0,0466***	25,39***	0,0186***
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	1,91 <sup>NS</sup>	0,0083**	4,73 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>NS</sup>	0,0163 <sup>NS</sup>	0,0010 <sup>NS</sup>
L x D	4	5,02*	0,0144***	10,28***	0,0033**	0,8983 <sup>NS</sup>	0,0051***
Resíduo	30	1,48	0,0008	1,32	0,0008	0,5384	0,0002
CV%		11,38	7,16	15,56	9,97	9,64	5,18

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%.

\* \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F.

BH, GL, D, L = balanço hídrico, grau de liberdade, dose e lâmina.

Ainda na Tabela 2 verifica-se efeito significativo da interação L x D com níveis de significância de 5 e 0,1% de probabilidade do  $K^+$  na maior parte dos balanços, exceto no 2º, 4º e 7º balanços hídricos.

Quanto ao efeito isolado dos fatores L e D, observa-se que houve influência em níveis de significância de 0,1%.

Para a CE, verifica-se, na mesma tabela, efeito significativo em níveis significância variando de 5 a 0,1% de probabilidade da interação L x D, exceto no 1º e no 3º balanços; para os fatores isolados L e D houve efeito significativo em níveis significância variando de 5 a 0,1% de probabilidade nos balanços hídricos do experimento. Ainda verifica-se o efeito significativo da interação L x D em níveis de significância de 1 e 0,1% de probabilidade no 2º, 4º, 5º, 6 e 7º balanços hídricos; quanto ao efeito isolado dos fatores L e D, houve influência significativa com níveis de probabilidade variando de 5 a 0,1% para os mesmos balanços.

Os valores dos coeficientes de variação observados foram menores que 16% para a concentração de potássio, e inferiores a 11% para a condutividade elétrica, indicando boa precisão dos dados observados no experimento. Dessa forma, foi realizado o desdobramento da interação L x D para as duas variáveis em estudo.

Na Tabela 3 encontram-se as equações de regressão ajustadas aos dados médios e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

**Tabela 3.** Equações de regressão ajustadas aos dados médios da concentração de potássio e condutividade elétrica nos balanços hídricos quinzenais em função das lâminas de irrigação (L) estimadas nos níveis das doses de potássio 80 kg ha<sup>-1</sup> (D<sub>1</sub>) e 120 kg ha<sup>-1</sup> (D<sub>2</sub>), com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Balanco Hídrico	Variáveis	Equações de Regressão Ajustadas	R <sup>2</sup>
1°	K <sup>+</sup> (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 10,80 + 0,238***X$	0,7380
	CE (L)	$\hat{Y} = 0,12 + 0,0018***X$	0,8223
2°	K <sup>+</sup> (L)	$\hat{Y} = - 4,02 + 0,119***X$	0,8894
3°	CE (L)	$\hat{Y} = 0,29 + 0,0014**X$	0,8131
4°	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 0,22 + 0,0018***X$	0,7338
	CE (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 0,043 + 0,0037***X$	0,7699
5°	K <sup>+</sup> (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 0,58 + 0,099***X$	0,7105
	K <sup>+</sup> (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 1,92 + 0,09***X$	0,5850
	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 0,0194 + 0,004***X$	0,7105
	CE (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 0,143 + 0,0055***X$	0,7777
6°	K <sup>+</sup> (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 2,74 + 0,098***X$	0,6658
	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 0,0041 + 0,0029***X$	0,6227
	CE (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 0,0073 + 0,0029***X$	0,9850
7°	K <sup>+</sup> (L)	$\hat{Y} = 0,3029 + 0,0731***X$	0,9008
	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 0,0211 + 0,0032***X$	0,9364

\*\* e \*\*\* Significativos a 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste t.

No primeiro balanço hídrico, a média geral da concentração de potássio obtida foi de 11,91 mg L<sup>-1</sup>; fixando-se a dose D<sub>2</sub>, que apresentou ajuste linear, foi observado incremento de 115,53% ao comparar o encontrado na lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (8,24 mg L<sup>-1</sup>) com o da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (17,76 mg L<sup>-1</sup>). A condutividade elétrica apresentou média geral igual a 0,29 dS m<sup>-1</sup>; também apresentou ajuste linear em função das lâminas de irrigação, com incremento



de 27,27% comparando-se a estimada na solução drenada referente à lâmina de irrigação  $L_1$  ( $0,26 \text{ dS m}^{-1}$ ) com o da lâmina de irrigação  $L_5$  ( $0,34 \text{ dS m}^{-1}$ ).

No segundo balanço, a média geral da concentração de potássio foi de  $7,88 \text{ mg L}^{-1}$ ; apresentou ajuste linear em função das lâminas de irrigação, com incremento de 86,55% comparando-se a concentração encontrada na lâmina de irrigação  $L_1$  ( $5,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) com o da lâmina de irrigação  $L_5$  ( $10,26 \text{ mg L}^{-1}$ ). A média geral da CE obtida foi de  $0,35 \text{ dS m}^{-1}$ .

Estes resultados foram semelhantes aos resultados obtidos por Melo (2007), que também encontrou ajuste linear, porém, verificou um decréscimo na condutividade elétrica e na concentração de potássio em função da variação crescente de doses de hidratassolo, em estudo para avaliar a lixiviação de nutrientes aplicados em solos cultivados com coentro, em lisímetros de drenagem.

Em relação ao terceiro balanço hídrico, as médias gerais da concentração de potássio e da condutividade elétrica foram iguais a  $12,08 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,43 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente. A condutividade elétrica apresentou ajuste linear, em função das lâminas de irrigação, com incremento de 14,14% comparado-se os valores obtidos na lâmina de irrigação  $L_1$  ( $0,40 \text{ dS m}^{-1}$ ) e na lâmina de irrigação  $L_5$  ( $0,46 \text{ dS m}^{-1}$ ).

No quarto balanço hídrico, a condutividade elétrica, que teve ajuste linear para as doses  $D_1$  e  $D_2$  de potássio, e fixando-se a dose  $D_1$ , houve incremento de 19,67% quando se comparou a condutividade encontrada na solução drenada referente à lâmina de irrigação  $L_1$  ( $0,37 \text{ dS m}^{-1}$ ) com o da lâmina de irrigação  $L_5$  ( $0,44 \text{ dS m}^{-1}$ ); fixando-se a dose  $D_2$ , observou-se incremento de 43,66% comparando-se a encontrada nas lâminas de irrigação  $L_1$  ( $0,34 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $0,49 \text{ dS m}^{-1}$ ). As médias gerais para  $K^+$  e CE foram  $10,97 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,40 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente.

Analisando o quinto balanço hídrico, as duas variáveis estudadas apresentaram ajuste linear significativo. Para a concentração de potássio, fixando-se a dose  $D_1$ , foi encontrado incremento de 46,59% quando se comparou as concentrações nas soluções drenadas referente às lâminas de irrigação  $L_1$  ( $8,50 \text{ mg L}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $12,46 \text{ mg L}^{-1}$ ); fixando-se a dose  $D_2$  o incremento foi de 39,47%, comparando os mesmos extremos, lâminas de irrigação  $L_1$  ( $9,12 \text{ mg L}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $12,72 \text{ mg L}^{-1}$ ). Com relação à condutividade elétrica, fixando-se a dose  $D_1$ , foi observado incremento de 53,24% quando se comparou a condutividade nas lâminas de irrigação  $L_1$  ( $0,30 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $0,46 \text{ dS m}^{-1}$ ); fixando-se a dose  $D_2$ , o incremento foi de 74,07% comparando-se com as condutividades encontradas na solução drenada referente às lâminas de irrigação  $L_1$  ( $0,30 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $0,52 \text{ dS m}^{-1}$ ). A concentração de potássio e a condutividade elétrica apresentaram média geral obtida igual a  $10,70 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,39 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente.

Em relação ao sexto balanço hídrico, a concentração de potássio e a condutividade elétrica médias foram iguais a  $7,39 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,28 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente, e apresentaram ajuste linear para ambas as doses de potássio aplicadas. Analisando a concentração de potássio, e fixando-se a dose  $D_1$ , foi possível observar incremento de 76,94% quando se comparou as concentrações nas lâminas de irrigação  $L_1$  ( $5,09 \text{ mg L}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $9,00 \text{ mg L}^{-1}$ ). Fixando-se a dose  $D_1$  para condutividade elétrica, foi possível observar incremento de 50,90% ao se comparar com as condutividades elétricas encontradas nos volumes drenados pelas lâminas de irrigação  $L_1$  ( $0,23 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $0,34 \text{ dS m}^{-1}$ ); fixando-se a dose  $D_2$ , o incremento foi de 51,62%, comparando-se com as encontradas nas lâminas de irrigação  $L_1$  ( $0,22 \text{ dS m}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $0,34 \text{ dS m}^{-1}$ ).

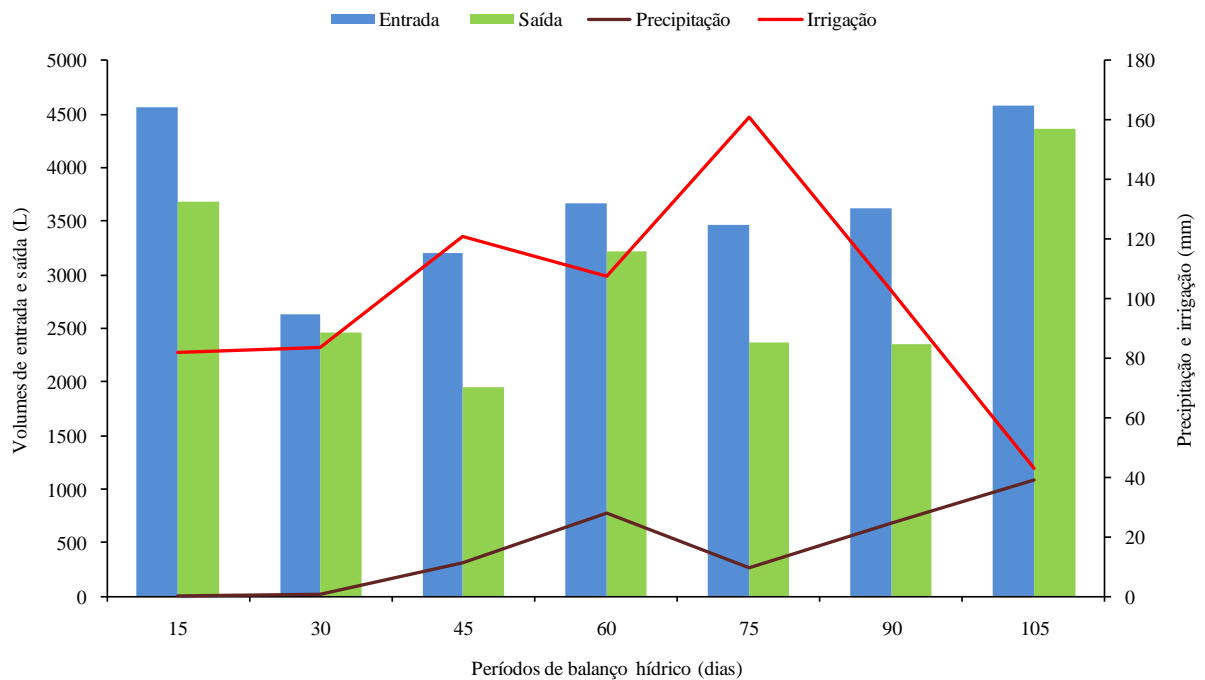
Pela análise estatística do sétimo balanço hídrico foi possível observar que a concentração de potássio apresentou ajuste linear em função das lâminas de irrigação, cujo incremento foi de 47,54% quando se comparou as concentrações nas lâminas de irrigação  $L_1$  ( $6,15 \text{ mg L}^{-1}$ ) e  $L_5$  ( $9,07 \text{ mg L}^{-1}$ ). Em relação à condutividade elétrica, que também apresentou ajuste linear, e fixando-se a dose  $D_1$ , o incremento foi de 54,48% comparando-se às condutividades encontradas nas soluções drenadas referentes à lâmina de irrigação  $L_1$  ( $0,23 \text{ dS m}^{-1}$ ) e à lâmina de irrigação  $L_5$  ( $0,36 \text{ dS m}^{-1}$ ). Neste balanço, as médias gerais da concentração de potássio e da condutividade elétrica foram iguais a  $7,61 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,30 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente.

Considerando todos os balanços hídricos quinzenais realizados no cultivo do pimentão fertirrigado, as médias da concentração de  $K^+$  e CE foram, nesta ordem,  $9,79 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,35 \text{ dS m}^{-1}$ .

Para as demais leituras da concentração de  $K^+$  e CE que não foram apresentadas em seus respectivos balanços hídricos, os dados observados não apresentaram qualidade adequada no ajuste a modelo linear e nem significância aceitável pelo teste “t”.

Os resultados das concentrações de potássio conforme medidor portátil de íons (Horiba) podem ser considerados de aceitável precisão, de acordo com Silva et al. (2003), que encontraram superestimativa de 27% das concentrações de potássio para os valores determinados por fotometria de chamas e concluíram que o uso de testes rápidos na determinação da concentração de potássio e nitrato na solução do solo possibilita conhecer os seus valores com precisão aceitável, ao avaliarem a possibilidade de utilização de extratores de solução do solo de cápsulas porosas associados a testes rápidos na determinação da concentração de nitrato e potássio na solução do solo.

Na Figura 4 é possível observar a variação dos volumes de água que entraram e saíram nos lisímetros. As entradas foram em forma de precipitação, irrigação ou advindas dos volumes de água aplicados no momento das saturações do solo dos lisímetros. Nota-se que nos balanços hídricos realizados aos 60 e 105 dias após o transplante, os volumes drenados foram maiores em virtude das elevadas precipitações que ocorreram nestes períodos.



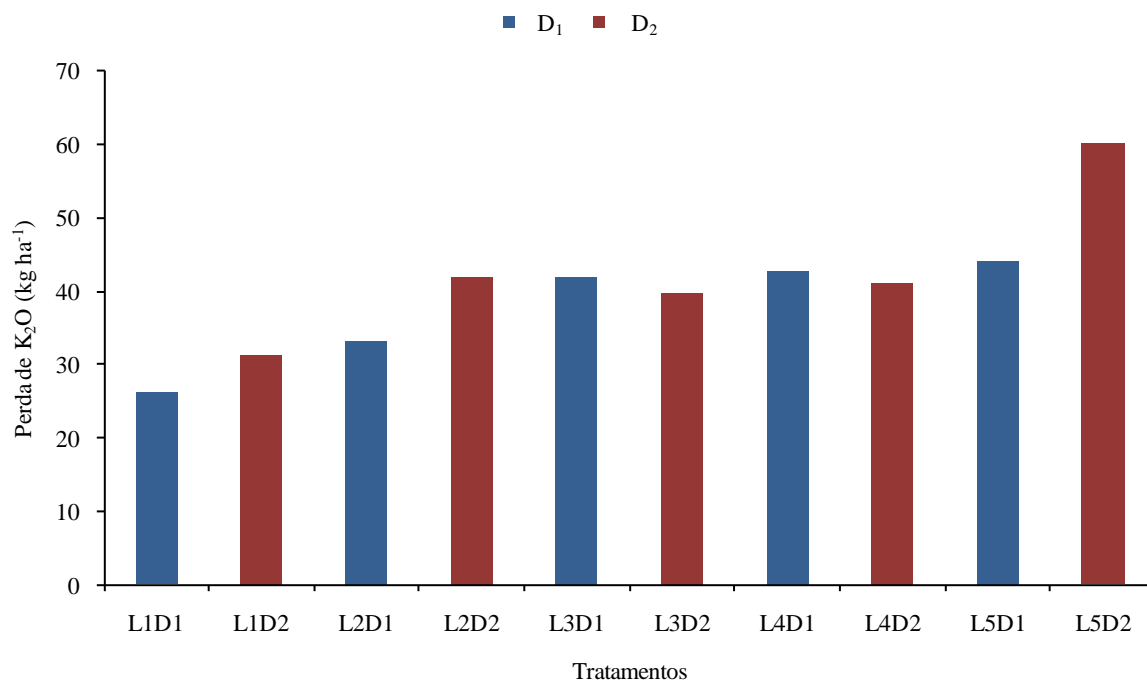
**Figura 4.** Variação dos volumes de entrada e saída da água de drenagem nos lisímetros, ao longo dos períodos de balanço hídrico

Observou-se que as concentrações de potássio na solução drenada do solo foram baixas, evidenciando uma das vantagens da fertirrigação de proporcionar menores perdas de nutrientes por lixiviação, porém, o que pode contribuir para um aumento da condutividade elétrica da água de drenagem dos solos agrícolas é a presença de outros íons, principalmente o cloreto, confirmado por Fernandes et al. (2005), onde constataram que o íon potássio, proveniente do KCl é facilmente assimilado pelo sistema solo-planta, entretanto, o íon cloreto, que é conservativo, é carregado para o aquífero, tornando-se fonte de salinização das águas.

Na Figura 5 estão apresentadas as perdas de  $K_2O$  totais, em  $kg\ ha^{-1}$ , que foram extraídas por lixiviação em cada tratamento. É possível observar uma tendência crescente nas perdas de  $K_2O$ , em que nos tratamentos de maior dose ( $D_2$ ) a quantidade de  $K_2O$  perdida foi maior. A média da perda de  $K_2O$  na água de drenagem foi de  $40,23\ kg\ ha^{-1}$ . A aplicação da lâmina de 80% da  $ET_c$  com a dose de  $80\ kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  ocasionou as menores perdas do potássio na

forma de  $K_2O$ , em média  $26,22 \text{ kg ha}^{-1}$ ; entretanto, a aplicação da lâmina de 120% da ETc com a dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  ocasionou as maiores perdas de  $K_2O$ , em média  $60,10 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Estes resultados evidenciam a predisposição do potássio para perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos e de baixa CTC, o que reforça a necessidade de aplicações eficientes de adubos potássicos, evitando perdas excessivas e danos aos sistemas agrícolas.



**Figura 5.** Perdas totais de  $K_2O$  nas soluções drenadas em cada tratamento estudado, nos períodos de balanço hídrico. L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> = 80, 90, 100, 110 e 120% da ETc; D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub> = 80 e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$

As perdas de potássio encontradas neste estudo foram menores em relação às perdas de potássio encontradas por Santos et al. (2007), que observaram perdas de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  na água de enxurrada do tratamento com solo descoberto, ao avaliar as perdas de potássio no sedimento da erosão hídrica e verificar suas relações com as perdas de solo, em diferentes formas de manejo do solo, campo nativo e solo descoberto, no bioma caatinga, no semiárido.

Estes resultados corroboram com as observações feitas por Oliveira et al. (2008), onde citam que a fertirrigação, se utilizada corretamente, contribui para o aumento da produtividade das culturas, reduzindo as perdas de nutrientes por lixiviação e permite um maior controle da concentração de nutrientes do solo, aumentando assim a eficiência do uso dos fertilizantes, isso porque oferece à planta o nutriente prontamente disponível na solução

do solo para ser absorvido, provocando necessidade crescente de obter parâmetros de avaliação do estado nutricional da planta a fim de corrigir possíveis deficiências ou toxidez.

No entanto, Oliveira et al. (2002), ao avaliarem, em lisímetros, a lixiviação de  $^{15}\text{N}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em um solo arenoso cultivado com cana-de-açúcar, encontraram valor médio do total de  $\text{K}^+$  em um dos tratamentos avaliados de 485 mg, enquanto que a média dos tratamentos foi de 266 mg, e constataram que ao extrapolar os valores para 1 ha, os valores médios de lixiviação foram cerca de 17 e 9 kg de  $\text{K}^+$ .

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2000) que observaram a influência direta da variação nos níveis de potássio sobre os valores de condutividade elétrica encontrados para frequência diária de aplicação de fertilizantes, o mesmo não sendo observado para frequência de três dias, os autores atribuíam à possibilidade de a maior concentração de potássio na solução do solo, dada a maior frequência de aplicação, ter ocasionado a substituição deste íon por outros adsorvidos no complexo de troca, em função do tamanho do raio iônico, evidenciando que no estudo da fertirrigação, o manejo racional da irrigação é tão importante quanto as quantidades de fertilizantes a serem adicionados.

## CONCLUSÕES

1. As médias da concentração de  $\text{K}^+$ , CE e perda de  $\text{K}_2\text{O}$  na água de drenagem, nos períodos de balanço hídrico no cultivo de pimentão fertirrigado, foram  $9,79 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,35 \text{ dS m}^{-1}$  e  $40,23 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.
2. A aplicação da menor lâmina de irrigação com a menor dose de potássio ocasionou as menores perdas de  $\text{K}_2\text{O}$ , em média  $26,22 \text{ kg ha}^{-1}$ .
3. A aplicação da maior lâmina de irrigação com a maior dose de potássio ocasionou as maiores perdas do potássio na forma de  $\text{K}_2\text{O}$ , em média  $60,10 \text{ kg ha}^{-1}$ .
4. Estas perdas podem alcançar prejuízos econômicos quando forem expressas na forma de adubos potássicos.

**LITERATURA CITADA**

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.6, p.671–679, 2009.

ALVAREZ V., V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 28-32, 2003.

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

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

FERNANDES, M. A. B.; SANTIAGO, M. M. F.; GOMES, D. F.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H.; LIMA, J. O. G. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. *Revista Águas Subterrâneas*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 25-34, 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARCUSSI, F. F. N.; VILLAS BÔAS, R. L. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. *Revista Irriga*, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.

MELO, M. R. S. Lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem na presença de polímero hidroabsorvente. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; MORTATTI, J. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 6, p. 861-868, 2002.

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.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, M. K. T. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semi-árido nordestino. *Caatinga*, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 05-11, 2008.

OLIVEIRA SILVA, M.; FREIRE, M. B. G. S.; MENDES, A. M. S.; FERNANDES, M. B.; OLIVEIRA, D. A. Composição do lixiviado em quatro solos do Rio Grande do Norte irrigados com águas salinas. *Caatinga*, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 189-203, 2008.

PAGLIA, E. C.; SERRAT, B. M.; FREIRE, C. A. L.; VEIGA, A. M.; BORSATTO, R. S. Doses de potássio na lixiviação do solo com lodo de esgoto. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.1, p.94-100, 2007.

PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación. 3. ed. Madrid, España: Mundi-Prensa, 1996. 511p.

ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J. Residual and annual potassic fertilization for soybeans. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Bonn, v.59, p.143-149, 2001.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, E. F. F.; LIMA NETO, J. A. Perdas de carbono orgânico, potássio e solo em Neossolo Flúvico sob diferentes sistemas de manejo no semi-árido. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 2, n. 2, p. 143-149, 2007.

SILVA, E. F. F.; ANTI, G. R.; CARMELLO, Q. A. C.; DUARTE, S. N. Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo. *Revista Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 785-789, 2000.

SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V.; ROJAIS, E. G. Utilização de testes rápidos e extratores de solução do solo na determinação de nitrato e potássio. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 460-467, 2003.

SILVA, M. A. G.; BOARETTO, A. E.; FERNANDES, H. G.; BOARETTO, R.; MELO, A. M. T.; SCIVITTARO, W. B. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.58, n.3, p.561-566, 2001.

TESTER, M.; DAVENPORT, R.  $\text{Na}^+$  tolerance and  $\text{Na}^+$  transport in higher plants. Annals of Botany, Oxford, v.91, n.5, p.503-527, 2003.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. Fertirrigação em hortaliças. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. 53p. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 196).



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possuiu como objetivo central apresentar diretrizes para aplicação de lâmina de irrigação e dose de potássio que se deve aplicar no cultivo de pimentão fertirrigado para se obter máxima produtividade. Com isso, considera-se que este objetivo tenha sido atingido, sendo sua aplicação direcionada para o Estado de Pernambuco, especificamente para as condições edafoclimáticas da Região Metropolitana do Recife.

É notória a necessidade de mais informações quanto às quantidades de todos os nutrientes que são exigidos pela cultura do pimentão a serem aplicados via fertirrigação, sejam em campo aberto ou em ambiente protegido, para que se possa obter rendimentos satisfatórios, evitando-se aplicações elevadas quando desnecessárias ou que possam ter efeito depressivo.

Com o objetivo de nortear futuras pesquisas em fertirrigação no pimentão, questões devem ser consideradas e pesquisadas tais como melhores fontes dos nutrientes, dosagens adequadas de outros nutrientes, intervalo entre aplicações e necessidade de testar outras variedades/híbridos de pimentão, na mesma área experimental ou em outras condições edafoclimáticas, nas mesmas condições experimentais (lâminas de irrigação e doses) ou com outros níveis destes fatores, de modo a complementar ou consolidar as informações obtidas neste experimento.

Os resultados apresentados nesta dissertação sobre as lâminas de irrigação e doses de potássio estudadas no cultivo de pimentão fertirrigado fornecerão informações importantes a serem consideradas em outras pesquisas, e principalmente como recomendação técnica para produtores de pimentão da Região Metropolitana do Recife, de modo que obtenham ótimo rendimento por área e eficiência no uso da água em um cultivo de pimentão sob regimes de fertirrigação. Sendo assim, nestas condições, e para alcançar máxima eficiência, sugere-se aplicar uma lâmina de 102 e 97% da evapotranspiração da cultura, respectivamente, e dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Além disso, os resultados sobre a lixiviação do potássio permitem inferir que sua concentração e a condutividade elétrica apresentaram acréscimo linear em função das doses e lâminas de irrigação aplicadas, onde as maiores doses de potássio e lâmina promoveram os maiores incrementos na concentração de potássio na solução drenada nos lisímetros, independente da época de coleta desta solução.

A produção de pimentão é viável com a aplicação de lâminas de irrigação e doses de potássio parceladas de acordo com a fase fenológica desta cultura, nestas condições edafoclimáticas, e com o aprofundamento e domínio desta técnica poderá auxiliar no aumento da sustentabilidade de unidades de produção desta hortaliça.